



Kaupunkien lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattorit – tapaustutkimuksena Helsinki

Julia Tuomimaa

Pro Gradu-tutkielma
Helsingin yliopisto
Ympäristömuutoksen ja
Globaalin kestävyysmaisteriohjelma
Kevät 2020
Työn ohjaaja: Aleksi Räsänen ja Susanna Kankaanpää

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Ympäristömuutoksen ja globaalin kestävyysmaisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Julia Tuomimaa			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Kaupunkien lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattorit – tapaustudkimuksena Helsinki			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Ympäristömuutos			
Työn laji – Arbetets art – Level Opinnäytetyö	Aika – Datum – Month and year 5/2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 53	
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Ilmastomuutos on voimistanut sään ääri-ilmiöitä. Ilmastoskenaarioiden mukaan lämpötilat tulevat nousemaan ja hellejaksot yleistymään merkittävästi myös Suomessa. Lisääntyvät helteet pahentavat jo ongelmaksi koettua kaupunkien lämpösaarekeilmiötä, jolla on negatiivisia vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin. Lämpösaarekeilmiön vaikutuksia voidaan vähentää kaupungeissa huolellisella kaupunkisuunnittelulla, sopeutumispolitiikalla ja taloudellisilla investoinneilla. Ilmastomuutokseen sopeutumista voidaan seurata indikaattoreiden avulla, mutta sopeutumisen seurannan indikaattoreita on kehitetty verraten vähän. Sopeutumisen seurannan indikaattoreiden kehittäminen on erityisen tärkeää, kun halutaan varmistaa kaupungin sopeutumistoimien onnistuminen pitkällä aikavälillä ja onko sopeutuminen menossa kohti haluttuja tavoitteita. Tämä tutkielma vastaa seuraavaan tutkimuskysymykseen kirjallisuuskatsauksen, fokusryhmäkeskustelun ja kyselytutkimuksen avulla: millaisten indikaattorien avulla lämpösaarekeilmiöön sopeutumista voidaan seurata ja arvioida Helsingissä?</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen ja New Yorkin ilmastopaneelin kehittämän ”seitsemän askelta indikaattorien ja seurannan valintaprosessiin” viitekehyksen avulla kehitettiin 17 alustavaa indikaattoria, jotka jaettiin kuuteen teemaan. Teemoissa otettiin huomioon lämpösaarekeilmiön ja sen vaikutusten monipuolinen luonne. Alustavasti kehitettyä indikaattorilistaa muokattiin tarkemmaksi fokusryhmäkeskustelussa, johon osallistui kuusi pääkaupunkiseudun kuntien työntekijää ympäristötoimesta, tekniseltä toimialalta sekä sosiaali- ja terveystoimesta. Ryhmäkeskustelun jälkeen listaa muokattiin vielä kyselytutkimuksella, johon vastasi kymmenen kuntien työntekijää. Kyselyyn vastanneet pitivät keskimäärin jokaista indikaattoria hyödyllisenä, viisi indikaattoria koettiin keskimäärin todella hyödyllisiksi ja kolme indikaattoria koettiin hyödyttömiksi parin vastaajan keskuudessa. Kyselyn avulla tarkennettiin 11 indikaattoria ja poistettiin kokonaan yksi indikaattori. Lopputuloksena syntyi 16 lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen seurannan indikaattoria, jotka jakautuivat seuraaviin teemoihin: sosiaalinen haavoittuvuus, ympäristön tila, infrastruktuuri, sinivihreä infrastruktuuri, politiikkatoimet ja viestintä.</p> <p>Indikaattoreiden kehittäminen ja käyttö ei vielä itsessään edistä kaupunkien sopeutumisen kehitystä toivottuun sopeutumisen tasoon, mutta se on kuitenkin tärkeä askel kohti monipuolisempaa ja tehokkaampaa sopeutumisen seurantaa. Tämä työ kehittääkin keinoja toteuttaa sopeutumisen seurantaa käytännössä indikaattoreiden avulla ja antaa työkaluja Helsingin kaupungille heidän sopeutumisen seurannan strategiaansa, jonka tulee olla systemaattinen ja vertailukelpoinen. Jos kaupunki haluaa kehittää sopeutumisen seurantaansa, on heidän myös hyvä dokumentoida päätöksiä ja ohjelmia riittävän kattavuuden selvittämiseksi. Päätöksiä ja ohjelmia tulisi myös vertailla määritettyihin sopeutumissitoumuksiin, tavoitteisiin ja tarpeisiin. Tämä tutkielma edesauttaa sopeutumisen seurantaa teoriasta käytäntöön.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords lämpösaarekeilmiö, ilmastomuutos, sopeutuminen, sopeutumisen seurannan indikaattorit, haavoittuvuus			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Aleksi Räsänen, Susanna Kankaanpää			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited e-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of biological and environmental sciences		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Environmental change and global sustainability	
Tekijä – Författare – Author Julia Tuomimaa			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Cities urban heat island phenomenons adaptation indicators - a case study Helsinki			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Environmental change			
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis	Aika – Datum – Month and year 5/2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 53	
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Climate change has exacerbated extreme weather events. According to climate scenarios, temperatures will rise and heat periods will become more common also in Finland. These heat periods worsen the urban heat island phenomenon which is known to have negative impacts on human well-being. The impacts of the urban heat island phenomenon can be reduced through careful urban planning, adaptation policies and economic investments. Adaptation to climate change can be monitored through indicators but research and development on adaptation indicators has been largely absent. The development of adaptation monitoring indicators is particularly important in order to ensure the long-term success of the city's adaptation efforts and whether adaptation is moving towards the desired goals.</p> <p>This thesis asks the following research question with the help of a literature review, a focus group discussion and a questionnaire: what kind of indicators can be used to monitor and evaluate adaptation to the urban heat island phenomenon in Helsinki?</p> <p>With the help of the literature review and New York Climate Change Panels framework “the seven steps to indicator selection”, 17 preliminary indicators were developed which were divided into six themes accounting the diverse nature of the urban heat island and its impacts. The indicators were specified in a focus group discussion which had six attendees from environment-, the technical-, social- and health sectors. After the group discussion, the indicators were further modified with the help of a questionnaire answered by ten municipal employees, mainly from the environmental, technical and social and health sectors. On average, respondents found each indicator useful, five indicators were found to be really useful on average, and three indicators were found to be useless among a couple of respondents. After the survey, 11 indicators were modified and one indicator was removed. The end result was 16 indicators for monitoring adaptation to the urban heat island phenomenon divided into the following themes: social vulnerability, state of environment, infrastructure, green-blue infrastructure, policy actions and communication.</p> <p>The development of indicators does not as such contribute to the development of urban adaptation to a desired level, but it is nevertheless an important step in the process of developing adaptation monitoring in the city of Helsinki. This work provides tools for the city to develop their adaptation monitoring strategy which should be systematic and comparable. If the city wants to develop its adaptation monitoring, it is essential to document decisions and programs to explore sufficient coverage. Decisions and programs should be compared against identified adaptation commitments, targets and needs. As a conclusion, this thesis is important step towards more diverse and effective adaptation monitoring. This thesis takes adaptation monitoring forward, developing ways to put adaptation monitoring into practice.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Urban heat island, climate change, adaptation, adaptation monitoring indicators, vulnerability			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Aleksi Räsänen, Susanna Kankaanpää			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited e-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällys

1. Johdanto	1
2. Tutkimuksen tausta ja keskeiset käsitteet.....	3
2.1 Ilmastoriski ja sosiaalinen haavoittuvuus kaupungeissa	3
2.2 Lämpösaarekeilmiö	5
2.3 Kaupunkisuunnittelun ja rakentamisen mahdollisuudet lämpösaarekeilmiön lieventämiseen.....	7
2.4 Mikä on indikaattori?	13
2.5 Sopeutuminen ja sen seuranta.....	14
2.5.1 Sopeutumisen seurannan neljä keskeistä periaatetta.....	19
2.6 Viitekehys sopeutumisen indikaattoreiden valintaan.....	23
3. Aineisto ja menetelmät.....	25
3.1 Alustavien indikaattorien muodostaminen	25
3.2 Indikaattoreiden validointi	26
3.3 Aineiston käsittely ja analysointi.....	28
4. Tulokset	29
4.1 Alustava indikaattorilista	29
4.2 Fokusryhmäkesustelun tulokset.....	33
4.3 Indikaattorilistan kehittäminen kyselyn avulla	35
5. Tulosten tarkastelu	41
6. Johtopäätökset	45
7. Lähteet	47
8. Liitteet.....	54

1. Johdanto

Ilmastonmuutos on voimistanut sään ääri-ilmiöitä. Helteet ja pidemmät hellejaksot tulevat lisääntymään ilmastonmuutoksen seurauksena ja tällaiset äärimmäiset lämpötapaukumat ilmenevät useimmiten kaupungeissa. Kaupunkien infrastruktuurin ja vihreiden alueiden puutteen takia kaupungit ovat päivällä keskimäärin 1–3 °C lämpimämpiä kuin niitä ympäröivä maaseutu. (Oke 1997) Tätä kutsutaan lämpösaarekeilmiöksi, ja sen tiedetään voimistuvan synergistisesti äärimmäisten lämpötapaukumien kanssa (Li ja Bou-Zeid 2013). Lämpösaarekeilmiöllä tiedetään olevan negatiivisia vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin. Siksi onkin tärkeää tutkia ilmiötä enemmän ja koittaa lieventää sen vaikutuksia sopeutumalla. Lämpösaarekeilmiön vaikutuksia voidaan vähentää kaupungeissa huolellisella kaupunkisuunnittelulla, sopeutumispolitiikalla ja taloudellisilla investoinneilla. Kaupungeissa on onneksi nykyään alettu keskittymään enemmän toimiin hätätilanteissa, lämpösaarekeilmiöön sopeutumiseen ja riskien vähentämiseen. (Bradford ym. 2015) Kaupunkien sopeutumisen seuranta on kuitenkin vasta alkuvaiheilla ja se vaatii vielä paljon tutkimusta.

Tässä työssä pyrin vastaamaan seuraavaan tutkimuskysymykseen kirjallisuudesta, fokusryhmäkeskustelusta ja sähköisestä kyselylomakkeesta kerätyn aineiston avulla: *Millaisten indikaattorien avulla lämpösaarekeilmiöön sopeutumista voidaan seurata ja arvioida Helsingissä?*

Lämpösaarekeilmiöön sopeutumista olisi erityisen tärkeää seurata, jotta voidaan estää sekä lieventää lämpösaarekeilmiön voimistumista ja sen aiheuttamia ongelmia. Kaupungin sopeutumisen tasoa lämpösaarekeilmiöön voidaan seurata muun muassa sopeutumisen indikaattoreiden avulla. Sopeutumisen indikaattorit antavat tietoa siitä, miten ja mihin suuntaan sopeutuminen on kehittymässä ja kuinka aiemmat toimenpiteet ovat vaikuttaneet kehitykseen. (EEA 2012) Tutkielmani kehittääkin keinoja toteuttaa sopeutumisen seuranta käytännössä indikaattoreiden avulla ja on siksi tärkeä osa seurannan kehitystä. Valitsin Helsingin tapaustutkimuksen kohteeksi, koska Helsinki on Suomen suurin ja tiheimmin asuttu kaupunki. Helsingissä on jo monia sopeutumiseen liittyviä ohjelmia ja toimenpiteitä, mutta sopeutumista ja sopeutumisen seuranta on kehitettävä johdonmukaisemmaksi.

Tutkimuksessani kehitin 16 lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen seurannan indikaattoria, jotka jaoin kirjallisuuden avulla kuuden teeman alle: sosiaalinen haavoittuvuus, ympäristön tila, infrastruktuuri, sinivihreä infrastruktuuri, politiikkatoimet ja viestintä. Kehittämäni indikaattorilistaa validoin ja muokkasin asiantuntijoille suunnatun fokusryhmäkeskustelun ja kyselyn avulla. Indikaattoreiden

avulla voidaan seurata sopeutumisen kehittymistä ja tarkastella, onko teoillamme merkitystä ja onko sopeutumisstrategia menossa kohti haluttua suuntaa.

Tutkielman rakenne etenee seuraavasti. Luvussa kaksi käsittelen tutkimukseni taustaa ja sen keskeisimpiä käsitteitä. Aluksi kerron ilmatoriskistä ja haavoittuvuudesta kaupungeissa. Tämän jälkeen syvennyn lämpösaarekeilmiöön, sen vaikutuksiin kaupungissa ja asukkaissa sekä keinoihin, joilla kyseistä ilmiötä voidaan lieventää. Kirjoitan tämän jälkeen ilmastonmuutokseen sopeutumisesta, sopeutumispolitiikasta ja sopeutumisen seurannan viitekehyksistä. Työni viitekehys on New Yorkin ilmastopaneelin kehittämä iteratiivinen riskienhallintajärjestelmä indikaattoreiden valintaan, joka on systemaattinen ja helposti toteutettavissa käytännössä. Sen avulla voidaan kehittää sopeutumisen indikaattoreita ja seurata prosessin kulkua. Luvussa kolme eli aineistossa ja menetelmissä kerron tarkemmin, miten työni indikaattorit muodostettiin ja validoitiin ja miten aineistoa käsiteltiin. Tämän jälkeen esittelen indikaattorit luvussa neljä eli tuloksissa. Tulosten tarkastelussa liitän tutkimukseni tulokset teoreettiseen taustaan ja analyyttiseen viitekehykseen, pohdin niiden välisiä yhteyksiä ja tulosten hyödyntämismahdollisuuksia. Lopuksi tiivistän tutkimukseni johtopäätöksiin.

2. Tutkimuksen tausta ja keskeiset käsitteet

Tässä luvussa esittelen tutkimukseni keskeisimpiä käsitteitä ja ilmiöitä. Kerron taustatietoa ilmatoriskeistä, lämpösaarekeilmiöstä, indikaattoreista ilmastonmuutokseen sopeutumisesta ja esittelen työni viitekehyksen eli riskienhallintajärjestelmän indikaattoreiden valintaan.

2.1 Ilmatoriski ja sosiaalinen haavoittuvuus kaupungeissa

IPCC:n (2014) käyttämä käsite *ilmatoriski* kuvaa ilmastonmuutoksen mahdollisia negatiivisia vaikutuksia. Riskin suuruus riippuu potentiaalisten vaikutusten suuruudesta ja todennäköisyydestä. Ilmastonmuutoksen on arvioitu aiheuttavan erilaisia riskejä, joilla on merkittäviä kielteisiä vaikutuksia esimerkiksi elintarviketuotantoon, vesihuoltoon, asumiseen, infrastruktuuriin ja hyvinvointiin. (IPCC 2014) Käsitteellisesti ilmatoriski koostuu kolmesta osa-alueesta: hasardista, altistumisesta ja haavoittuvuudesta. *Hasardi* tarkoittaa biofysikaalisia tapahtumia tai trendejä kuten helleaaltoa tai keskilämpötilan nousua, *altistuminen* tarkoittaa altistuneiden ihmisten tai muiden tekijöiden sijaintia. *Haavoittuvuus* viittaa altistuneen yksikön ominaisuuksiin, se käsittää useita käsitteitä ja tekijöitä. Haavoittuvuus vaikuttaa alttiuteen, herkkyyteen sekä kykyyn selviytyä ja mukautua. (IPCC 2014)

Katastrofien määrä on lisääntynyt viimeisten vuosikymmenien aikana ja tämä suuntaus tulee mitä luultavammin jatkumaan ilmastonmuutoksen seurauksena. (IPCC 2014) Kaupungeissa ilmatoon liittyvät hasardit, kuten helleaallot ja kuivuus aiheuttavat negatiivisia vaikutuksia ihmisiin, heidän terveyteensä, toimeentuloonsa ja omaisuuteensa. (Revi 2014) Ilmatoriskit vaikuttavat myös paikallisen ja kansallisen tason talouteen ja ekosysteemien kuntoon. Riskit kohdistuvat etenkin heihin, jotka asuvat vaaralle alttiilla alueella (*altistuminen*) ja joilta joko puuttuu välttämätön infrastruktuuri, palvelut ja riittävä sopeutumiskyky (*haavoittuvuus*) (Revi, 2014). Ilmatoriskeilla on huomattavia vaikutuksia moniin infrastruktuurijärjestelmiin, rakennettuun ympäristöön ja ekosysteemipalveluihin. Ne ovat vuorovaikutuksessa sosiaalisten, taloudellisten ja ympäristöön vaikuttavien stressitekijöiden, kuten epävakaa taloudentilan ja sosiaalisen eriarvioisuuden kanssa.

Haavoittuvuus

Haavoittuvuus liittyy alttiuteen, haurauteen, heikkouksiin tai kapasiteetin puutteeseen, jotka vaikuttavat haitallisten vaikutusten suuruuteen. (Cardona ym. 2012) Vaikka haavoittuvuus on yleensä riippuvainen siitä, millainen hasardi on, tietyntyyppiset tekijät, kuten köyhyys, sosiaalisten verkostojen ja sosiaalisen tuen puute, pahentavat tai vaikuttavat haavoittuvuustasoon riippumatta hasardin

tyypistä. Ihmiskasutuksen ja ekosysteemien haavoittuvuus liittyy luonnostaan erilaisiin yhteiskunnallisiin ja ympäristön prosesseihin (Kasperson ym. 1988; Cutter 1994; Adger 2006; Cutter ja Finch, 2008; Cutter ym. 2008; Williams ym. 2008) Haavoittuvuuteen liittyy myös riskiviestintä. Asianmukaisen tiedon puute voi johtaa vääriin riskikuvauksiin (Birkmann ja Fernando 2008). Riskikuvauksilla on tärkeä vaikutus motivaatioon, kykyyn toimia tai sopeutua ilmastonmuutokseen ja ympäristön stressitekijöihin (Grothmann ja Pratt 2005). Lisäksi prosessit ja esimerkiksi kaupunkirakenteet, jotka eivät ole tarpeeksi sopeutuneita, voivat lisätä haavoittuvuutta ja riskejä (Birkmann 2011).

Riskien tehokkaan hallinnan kannalta on tärkeää ymmärtää, miten haavoittuvuus syntyy, mitkä tekijät siihen vaikuttavat ja miten se voimistuu (Maskrey 1989; Cardona ym. 2012 Lavell 1996, 1999). Haavoittuvuuteen liittyvät vahvasti vallitsevat sosiaaliset, kulttuuriset, ympäristölliset, poliittiset ja taloudelliset olosuhteet. Haavoittuvassa asemassa olevat ryhmät eivät ole pelkästään vaarassa siksi, että he ovat alttiita riskeille ja negatiivisille vaikutuksille, vaan myös syrjäytymisen ja resurssien saatavuuden seurauksena (Watts ja Bohle 1993; Morrow 1999; Bankoff 2004). Alueelliset sosiaaliset olosuhteet voivat vaikuttaa lämpöaltistuksen ja terveysvaikutusten määrään. Yhdessä nämä stressitekijät lisäävät yksilöiden ja kotitalouksien hyvinvoinnin riskejä. (Revi 2014) Resurssien puute voi vaikuttaa myös terveysvakuutuksen saantiin, jolla voidaan varmistaa muun muassa taloudellinen turva kohdatessa ilmastoriskejä (Knights ja Vurdubakis 1993). Riskien vaikutukset mihin tahansa kotitalouteen johtuvat monimutkaisista tekijöistä ja vuorovaikutussuhteista. On tärkeää pitää mielessä, että ihmiset ja yhteisöt eivät ole vain uhreja, vaan myös aktiivisia haavoittuvuuden aiheuttajia (Ribot 1996; Pelling 1997, 2003). Siksi moniulotteiset lähestymistavat ovat erittäin tärkeitä haavoittuvuuden syiden ymmärtämiseksi.

Jotkut globaalit prosessit ovat merkittäviä riskitekijöitä ja liittyvät erityisesti haavoittuvuuden syntymiseen. Tällaisiin prosesseihin sisältyy muun muassa väestönkasvu, nopea ja hallitsematon kaupunkikehitys, taloudelliset paineet, sosioekonomisen epätasa-arvon lisääntyminen ja ympäristön pilaantuminen (Maskrey 1993; Mansilla 1996; Cannon 2006). Haavoittuvuusprofiili voidaan rakentaa ottaen huomioon ympäristölliset, sosiaaliset ja taloudelliset lähteet (Wisner 2003). Tähän sisältyy myös yhteisöjen ja tiettyjen ympäristöpalvelujen välisten yhteyksien ja ekosysteemien haavoittuvuuden tarkastelu (Renaud 2006; Williams ym. 2008; Dawson ym. 2011). Ilmastonmuutokseen liittyvissä kysymyksissä tarvitaan vaikutusten arviointia ja haavoittuvuuden taustalla oleviin syihin puuttumista ja sopeutumiskyvyn kasvua (Ribot 1995). Siksi onkin tärkeää kehittää kaupunkien sopeutumiskykyä ja seurata sopeutumisen etenemistä. Kaupunkien tulisi

budjetoinnillaan tukea kestävästä kehitystä, kuten sopeutumista ilmastonmuutoksen aiheuttamiin haasteisiin. (Berg ym. 2019)

Useat tutkijat käyttävät myös termiä *sosiaalinen haavoittuvuus*. Cutter ja Finch (2008) ehdottavat, että sosiaalinen haavoittuvuus on mitta sekä väestön herkkyydelle luonnollisille vaaroille, että sen kyvylle reagoida vaarojen vaikutuksiin ja toipua niistä. Samoin Füssel (2012) määrittelee sosiaalisen haavoittuvuuden yksilöiden, ryhmien tai yhteisöjen kyvyttömyydeksi sopeutua mahdollisiin ulkoisiin stressitekijöihin. Sosiaalinen haavoittuvuus voidaan jakaa *sisäisiin* eli henkilökohtaisiin ja *ulkoisiin* eli sosioekonomisiin tekijöihin. Sisäiset tekijät käsittävät esimerkiksi etnisyyden, sukupuolen, iän, uskonnon ja terveydentilan. Ulkoisiin tekijöihin kuuluvat muun muassa sosioekonominen luokka, asumistyyppi ja toimeentulo (Cutter ja Finch 2008; Cardona ym. 2012) sekä sosiaaliset verkostot, koulutus ja poliittinen valta. Ulkoisilla tekijöillä voidaan tyydyttää perustarpeet, kuten ravinto, suojat ja vaatteet (Füssel 2012).

Lisäksi tiettyjen yksilöiden tai yhteisöjen haavoittuvuus voi muuttua ajan myötä muuttuvien ympäristö- ja sosiaalisten olosuhteiden seurauksena (Cutter ja Finch 2008). Esimerkiksi Oppenheimer ym. (2014) erottaa haavoittuvuuden ennen kriisiä tai katastrofia (kuivuus, tulva, helle) ja siitä seuraavan haavoittuvuuden katastrofin jälkeisissä toipumisprosesseissa.

2.2 Lämpösaarekeilmiö

Kaupunkien lämpösaarekeilmiöstä on tullut yksi suurimmista kaupungistumiseen ja teollistumiseen liittyvistä ongelmista, koska lämpösaarekeilmiön aiheuttamat kohonneet lämpötilat lisäävät yleensä lämpörasituksen aiheuttamia terveysuhkia. Tämän seurauksena kyseinen ilmiö on ollut keskeinen teema klimatologien keskuudessa ja sitä on dokumentoitu hyvin monilla suurkaupunkialueilla ympäri maailmaa. (McGregor ym. 2007)

Kleerekoper ym. (2011) mukaan lämpösaarekeilmiö syntyy seuraavasti:

1. Lyhytaaltainen auringonsäteily absorboituu heikosti heijastuviin pintoihin ja säteily jää rakennusten ja katujen väliin.
2. Kaupunkien ilmansaasteet absorboivat ja päästävät pitkäaaltoista säteilyä kaupunkiympäristöön.
3. Rakennukset estävät lämpösäteilyn karkaamisen takaisin muodostamalla katukanjoneita, jolloin lämpö sitoutuu rakennelmiin.

4. Ihmisen toiminnasta vapautuu lämpöä palamisprosesseissa kuten liikenteessä, tilojen lämmityksessä ja teollisuudessa.
5. Rakennusmateriaalien takia kaupungit varastoivat enemmän lämpöä ja kaupungeissa on myös enemmän rakennuspinta-alaa kuin maaseudulla.
6. Kaupungeissa on vähemmän vettä läpäiseviä pintoja ja vähemmän kasvillisuutta kuin maaseudulla.
7. Turbulentin lämmön kulkeutuminen vähenee kaduilla, kun tuulen nopeus vähenee.

Yhteiskunnan haavoittuvuus äärimmäiselle kuumuudelle ja hellejaksoille on ongelma kaikissa Euroopan kaupungeissa (McGregor ym. 2007). Nortonin ym. (2014) mukaan kaupunkien asukkaiden hellehaavoittuvuuteen vaikuttaa laaja joukko tekijöitä. Sosiaalisesti heikommassa asemassa olevat kaupunginosat kokevat useimmiten suuremman negatiivisen vaikutuksen äärimmäisestä kuumuudesta. Vanhukset, mielenterveysongelmaiset, lapset ja yksinasuvat pienituloiset ovat eniten vaarassa helteiden aikaan (Bi ym. 2011). Lukuisat empiiriset tutkimukset ovat osoittaneet, että sosiaalisesti haavoittuvia asukkaita kuolee suhteellisesti eniten lämpöaaltojen aikana (Mitchell 2017). Siksi on tärkeää, että kaupunginosien lämpötilan lieventämisen strategiassa otetaan huomioon sosiaalinen oikeudenmukaisuus ja ennaltaehkäisevä terveydenhuolto (Wolch ym. 2014). Kaupunkien helteet korostavat sosiaalisen haavoittuvuuden vaaraa, joka on jakautunut epätasa-arvoisesti kaupunkialueiden ja väestön kesken. (Mitchell 2017)

Lämpösaarekeilmiön vaikutukset voidaan luokitella kahteen laajaan luokkaan: *ihmisiin* ja *ilmastoon* (O'Malley 2015). Nämä kaksi eivät kuitenkaan ole toisiaan poissulkevia. Kaupungin väestön fyysisen hyvinvoinnin heikkeneminen näkyy selvästi lämpötilan kasvaessa. Lämpötilan nousu aiheuttaa muun muassa sydän- ja hengityselimistön häiriöitä, lämpöhalvauksia ja lämpöuupumusta. Keholla on säätelymekanismeja, joilla se pystyy säätämään lämpöhäviötä ja siihen kohdistuvaa lämpöä. Näihin mekanismeihin kuuluvat muun muassa verisuonten supistuminen ja laajeneminen veren virtauksen säätelymekanismiksi iholle, lihasten väriseminen ja jännittyminen lämmön tuottamiseksi, hikoilu lämmön menettämiseksi, hengitys- ja sykemuutokset sekä hormonien tuottaminen. (Kleerekoper 2011) Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa merkittäviä ongelmia kehon lämmönsäätelyyn, mistä voi seurata ihmiselle epämukavuutta ja jopa terveysvaara. Suurimmaksi uhaksi on todettu lämpörasitus, koska lämpöstressi voi aiheuttaa sairauksia, kuten kehon lämmönmuutoksia, jotka johtuvat verenkierron epäonnistumisesta ylläpitää verenpainetta ja syöttää happea tarpeeksi aivoihin. (Kleerekoper ym. 2011) Tämä voi aiheuttaa ihmiselle lämpövaurion tai jopa lämpöhalvauksen, joka voi johtaa hengitysvaikeus oireyhtymään, munuaisten vajaatoimintaan ja verihyytymiin suonissa. Nämä komplikaatiot voivat puolestaan johtaa jopa kuolemaan. Alhaiseen kuolleisuuteen liittyvä

optimaalinen ulkolämpötila on Hoyoisin ym. (2006) mukaan 17 °C. Lämpörasitukseen ja lämpötilaan liittyvät kuolemat tulevatkin lisääntymään merkittävästi ilmastonmuutoksen myötä, koska helleaallot yleistyvät ja lämpötilat nousevat. (Hoyoisin ym. 2006)

Lämpösaarekeilmiön aiheuttamat muutokset kaupungin mikro- ja makroilmastossa näkyvät tuulten, kosteuden, myrskyjen, tulvien ja paikallisten ekosysteemien muutoksissa. (O'Malley 2015) Korkea ilmankosteus lisää helteen tukaluutta (THL 2020) ja ihmiset pahentavat paikallista lämpenemistä kaupungeissa käyttämällä kuumina päivinä enemmän ilmastointia, joka lisää lämpöpäästöjä. (O'Malley 2015) Monien kaupunkien kokema lämpösaarekeilmiö on suurempi yöllä kuin päivällä. Selkein ero on tuulen ollessa heikkoa. Pekingissä keskimääräisen lämpötilan ero kaupungin keskustan ja ympäröivien alueiden välillä voi olla jopa 4,6 °C (Song ja Zhang 2003).

Koska lämpösaarekeilmiölle on ominaista kohonnut lämpötila, se voi mahdollisesti lisätä lämpöaallon voimakkuutta ja kestoja kaupunkiympäristössä. Tutkijat ovat myös havainneet, että lämpöaaltojen vaikutukset ihmisiin vaihtelevat kaupungin eri alueilla. Jo vuonna 1972 Buechley ym. (1972) havaitsivat, että lämpöaallon aikana kuolleisuus kasvaa räjähdysmäisesti. Epidemiologinen tutkimus kuolleisuudesta kesän 2003 lämpöaallon aikana Italiassa osoitti, että kaupunkialueilla asuvilla on kohonnut kuoleman riski verrattuna esikaupungeissa ja maaseudulla asuviin ihmisiin (Conti ym. 2005). Myös Koillis-Saksan analyysi näytti, että ihmisten kuolleisuus nousee voimakkaiden lämpöaaltojen aikana. 1990–2006 tapahtuneiden lämpöaaltojen aikana terveysriskit olivat pahimpia vanhuksilla ja kaupungissa asuvilla. Näiden 16 vuoden aikana tapahtuneiden kahden pahimman lämpöaallon aikana ihmisiä kuoli eniten Berliinissä, tarkemmin Berliinin tiheimmin rakennetulla alueella. Pahin helleaalto koettiin 1994 elokuussa jolloin kuolleisuus lisääntyi oletetusta määrästä 151 %. (Gabriela ja Endlicher 2011) Viimeaikaiset tutkimukset viittaavat myös siihen, että lämpösaarekeilmiö voi ilmetä jopa keskikokoisissa tai pienissä kaupungeissa (Busato ym. 2014). Tällaiset todisteet viittaavat siihen, että lämpösaarekeilmiö voisi olla paljon yleisempi, kuin sen tällä hetkellä uskotaan olevan.

2.3 Kaupunkisuunnittelun ja rakentamisen mahdollisuudet lämpösaarekeilmiön lieventämiseen

Jaottelen lämpösaarekeilmiön lieventämiskeinot neljään luokkaan Kleerekoperin ym. (2011) avulla: *kasvillisuus, vesi, rakennelmat ja materiaalit*. Nämä ovat keskeisimpiä asioita suunnitellessa lämpösaarekeilmiöön sopeutuvaa kaupunkia. Vähentämällä lämmön kertymistä ja käyttämällä

jäähdytystekniikoita, kaupungit voivat lieventää lämpösaarekeilmiön vaikutuksia. (Kleerekoper ym. 2011)

Kasvillisuus

Kasvillisuus jäähdyttää ympäristöä aktiivisesti haihduttamalla, transpiraatiolla ja varjostamalla pintoja kuten asfalttia, jotka muuten olisivat absorboineet lyhytaaltoista säteilyä. Kaupunkien kasvillisuusalueet voidaan jakaa karkeasti neljään luokkaan: *kaupunkipuistot, tienvarsipuusto, yksityiset viheralueet ja viherkatot*. (Schmidt 2006) Kasvillisuudella on keskimäärin 1,0–4,7 °C viilennysteho (Schmidt 2006), joka leviää noin 100–1000 m alueelle kaupunkiympäristössä, mutta tähän vaikuttaa kasvillisuusalueen koko. Viilennysteho on myös hyvin riippuvainen veden määrästä, jota on tarjolla kasveille ja puille. (Schmidt, 2006) Kaupunkipuistoissa ja kaupunkimetsissä on alhaisempi ilma- ja pintalämpötila ja tätä kutsutaan PCI:ksi (Park Cool Island). Lukuisissa tutkimuksissa on osoitettu, että kasvillisuusalueet johtavat PCI:hin. Vihreän alueen ei ole pakko olla kovin suuri, jotta saadaan aikaan viilenevä vaikutus. Tel Avivissa tehdyn tutkimuksen mukaan vain 0,15 hehtaarin puiston keskimääräinen jäähdytysvaikutus oli keskipäivällä 3 °C (Shashua-Bar, Hoffman 2000). Tutkimus Göteborgissa osoittaa, että suuri viheralue aiheuttaa suuremman viilennysvaikutuksen kaupunkiin. Göteborgissa on mitattu jopa 5,9 °C viilennysvaikutus, kun viheralueen koko oli 156 hehtaaria (Upmanis ym. 1998). Käytettäessä PCI:tä jäähdytykseen, on vaikutus puiston reuna-alueella merkittävä. Vaikutus kuitenkin vaihtelee riippuen ilmavirroista ja muista ilmasto-olosuhteista.

Myös tienvarsipuilla on vaikutusta lämpötilaan kaupungissa, vaikka ne ovat yleensä hyvin erillään toisistaan. Puita on kuitenkin kokonaisuudessaan niin paljon, että niillä on yllättävän suurikin merkitys. Aurinkoisena päivänä yhden puun haihdutus jäähdyttää 20–30 kW:n teholla, joka on verrattavissa yli 10 ilmastointilaitteen tehoon (Kravčík ym. 2007). Viheralueiden lisääminen julkisilla paikoilla on suhteellisen halpaa ja on saanut suuren hyväksynnän kansalaisten keskuudessa. Tehokkainta olisikin viilentää kaupunkia katupuilla (Rosenzweig ym. 2006). Tämän takia monien kaupunkien viherpolitiikassa on selkeät tavoitteet nostaa katupuiden määrää ja koittaa tehdä puustosta mahdollisimman heterogeenistä, jotta mahdolliset puiden taudit eivät leviäisi helposti. Vaikka julkisten alueiden viherryttäminen on pääosin kuntien vastuulla, on mahdollista ja suositeltavaa, että ne ottaisivat myös asukkaat päätöksiin mukaan. Tämä on saavutettu erilaisilla viherinfrastruktuuraloiteilla. (Rosenzweig ym. 2006)

Kattojen tai julkisivujen peittäminen kasvillisuudella viilentää lämpötilaa rakennuksen sisällä ja kaupunkiympäristössä. Kasvillisuuden viilennysmekanismeja katolla ovat lehtien haihdutus ja lyhytaaltoisen säteilyn absorption estäminen vähän heijastavalla materiaalilla. Myös rakennuksen sisälämpötila viilenee viherkerroksen eristysarvon takia, mikä auttaa pitämään lämmön ulkona kesällä ja talvella sisällä. (Yukihiro ym. 2006). Yukihiro ym. (2006) mittasivat vihreiden julkisivujen vaikutuksen ulkolämpötilaan ja ilmastointilaitteiden käyttöön. Vihreys johti keskimäärin 0,2–1,2 °C laskuun maalämpötilassa ja jäähdytysenergian säästö oli 4–40 %.

Muita keinoja kasvillisuuden käytön parantamiseksi ovat muun muassa: 1. Ikkunoiden varjostus ja länteen suuntautuvien seinien varjostus: tämä tarjoaa eniten säästöä jäähdytysenergiassa. 2. Puiden varjostuksen suhteen on tärkeämpää latvuksen muoto kuin sen tiheys. 3. Energia- ja vesimäärät määrittävät, missä määrin on taloudellista korvata sähköinen ilmastointi kasvillisuudella. (McPherson 1994)

Vesi

Vesi voi viilentää lämpötilaa haihtumisen kautta. Suuren vesimassan avulla voidaan absorboida lämpöä, mikä toimii lämpöpuskurina, ja liikkuva vesimassa kuten joki voi siirtää lämpöä pois alueelta. Muun muassa monissa Hollannin kaupungeissa on hyödynnetty tätä ilmiötä olemassa olevien vesialueiden avulla. Vesialueet ovat yleensä tehokkaampia silloin kun niiden pinta-ala on suuri, vesi virtaa tai vesi hajaantuu kuten suihkulähteissä. Vesihöyrystä tapahtuvan jäähdytyksen vaikutus riippuu ilmavirrasta, joka siirtää viilennettyä ilmaa kaupungin läpi. Veden jäähdytyskapasiteetti, kuten PCI:kin, riippuu sääolosuhteista. (Kleerekoper 2011) Bukarestissa tehty tutkimus osoittaa lammen (4m x 4m) jäähdytysvaikutuksen olevan noin 1 °C yhden metrin korkeudella 30 m päässä (Robitu ym. 2004). Virtaavalla vedellä on suurempi vaikutus kuin paikallaan pysyvällä vesimassalla, mutta suurin vaikutus on suihkulähteillä.

Strategisesta näkökulmasta veden käytön edistäminen jäähdytyksessä on vaikeaa suurten kustannusten vuoksi. Suihkulähteillä on paras kustannus–hyöty-suhde. Suihkulähteitä voidaan käyttää esimerkiksi kauppakaduilla ja avoimilla torialueilla. Suihkulähteiden suunnittelussa olisi hyvä mahdollistaa suihkulähteen käyttö myös talvella muihin tarkoituksiin. Veden haihtumisen avulla tapahtuvan lämpötilan laskun lisäksi vedellä on merkittävä rooli hellesopeutumisessa, koska se lisää viherrakenteiden hyvinvointia kosteuttamalla niitä helteiden aikana. Runsaampi määrä kasvillisuutta lisää veden puskurointikapasiteettia, mikä on hyödyllistä esimerkiksi rankkasateiden sattuessa. Kasvillisuus lisää vesihöyryn poistumisen tehokkuutta, joka riippuu käytössä olevan veden

määrästä. Vettä läpäisevien pintojen ja vettä varastoivan infrastruktuurin käytön edistäminen on hyödyllinen strategia kuivuuden ja tulvien varalta. Veden varastointi julkisilla alueilla on muun muassa yksi Rotterdamin ehdotuksia kehittää kaupunkia. (Kleerekoper ym. 2011)

Rakennelmat

Rakennustiheys ja rakennusten geometria ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat säteilyn määrään materiaaleissa sekä säteilyn vangitsemiseen monilla auringonsäteiden heijastuksilla rakennusten ja kadun pintojen välillä. Auringon säteilyn aiheuttamaa ylikuumenemista kesällä voidaan vähentää rakentamalla korkeampia rakennuksia suhteessa kadun leveyteen (Futcher 2008). Korkeat rakennukset voivat kuitenkin myös vähentää ilmavirtausta, edistää useita aurinkoheijastuksia ja vähentää näkyvää taivaspinta-alaa, mikä voi johtaa siihen, että kuuma ilmassa ei pääse kunnolla poistumaan. Nämä vaikutukset voivat aiheuttaa enemmän haittaa kuin itse toimenpide. Parempia vaihtoehtoja ovat puut ja viherseinät, jotka varjostavat rakennusten pintoja. Kesällä voidaan käyttää myös varjostuslaitteita, jotka on helppo poistaa käytöstä talvella. Myös tuulella on suuri merkitys kaupungin lämpötilaan, koska tuuli kuljettaa lämpöä pois katukanjoneista. Tuulen huomioon ottaminen kaupunkisuunnittelussa voisi olla tehokas tapa viilentää lämpötilaa. Tuulta hyödyntäessä viilennyksessä on otettava huomioon kaupungin maantiede ja alueen erityisominaisuudet. (Kleerekoper ym. 2011)

Materiaali

Kaupunkien vesitiiviit pinnat vähentävät haihtumista kaupunkialueilla. Vettä läpäisevät pinnat mahdollistavat jäähtymisen haihduttamalla, mutta läpäisemättömät materiaalit keräävät lämpöä. Lyhytaaltainen säteily imeytyy materiaaleihin, joilla on alhainen albedo eli heijastavuus. Albedoa voidaan lisätä kaupungeissa maalaamalla pintoja, kuten kattoja ja jalkakäytäviä valkoisiksi. (Santamouris 2012) Kalifornian Sacramentolle tehtiin simulaatiomalli, jossa koko kaupungin alueelle lisättiin albedoa 25 %:sta 40 %:iin. Albedoa lisäämällä lämpötila laski simulaation mukaan 1–4 °C. Lisäämällä rakennuksien albedoa yhdeksästä prosentista 70 %:iin voitiin vähentää vuotuista jäähdystarvetta 19 %:lla. Simulaatio osoitti jäähdytysenergian kysynnän vähentyneen 62 %, kun kaupunginlaajuista albedoa ja rakennusalbedoa lisättiin (Taha ym. 1988).

Materiaalien lämmönpäästöllä on myös merkittävä rooli. Jotkin materiaalit, kuten tiili, varastoivat paljon lämpöä ja säteilevät tätä lämpöä ilmaan yöllä auringonnousuun saakka. Ontossa betonissa on pienempi lämpövastus, ja siten se varastoi vähemmän lämpöä. Lämpötilaero materiaalien välillä voi olla erittäin suuri. Lämpöaallon aikana kaupunkien lämpötila voi kerätä päivä päivältä enemmän

lämpöä, jos ei ole jäädyttävää tuulta tai riittävästi viherinfrastruktuuria. Singaporessa tehdyssä tutkimuksessa keskityttiin lämpötilaeroihin tumman ja vaalean värisissä rakennuksissa. Maksimi lämpötilaero oli 8–10 °C ulkoseinässä, kun arvot mitattiin klo 13.00 ja 16.00. Samassa tutkimuksessa tutkittiin myös julkisivumateriaaleja suhteessa jäähtymisaikaviiveeseen. Tutkimuksessa testattiin kolmea materiaalia: tiiliä, betonia ja onttoa lohkoseinää. Tiiliseinällä oli pisin viive, jota seurasi betoniseinä ja ontto lohkoseinä, joka jäähdyi nopeimmin. (Wong Nyuk 2007)

Santamouriksen (2011) artikkelissa selvitettiin viileiden materiaalien ominaisuuksia ja niiden merkitystä kaupunkien lämpötilaan. Rakennusten ulko-osan materiaaleilla on suuri merkitys kaupunkien lämpötasapainoon. Ne absorboivat aurinko- ja infrapunasäteilyä nostaen ympäristön lämpötilaa. Siksi käytetyt materiaalit määrittävätkin suurella määrällä yksittäisten rakennusten ja avoimien tilojen mukavuusolosuhteet. Useita tutkimuksia on tehty ymmärtämään paremmin materiaalien lämpöominaisuuksia sekä niiden vaikutuksia kaupungin ilmastoon. Viileiden materiaalien käyttö lisää kaupunkien albedoa, ja sitä pidetään yhtenä lupaavimmista ja tehokkaimmista tekniikoista lämpösaarekeilmiön lieventämiseksi (Akbari ym. 2009). Viileät materiaalit ovat saaneet lisääntyvän hyväksynnän ja niitä käytetään laajalti rakennuksissa ja muissa kaupunkisovelluksissa, joilla on suuri potentiaali alentaa ympäröivän alueen lämpötilaa (Akbari 2003; Santamouris ym. 2008). Tutkimus on johtanut kehittämään uusien materiaaleja ja tekniikoita, joilla on edistykselliset lämpöominaisuudet, lisääntynyt lämpökapasiteetti ja suurempi lämpösaarekeilmiön lieventämisen potentiaali (Santamouris 2011).

Hyvin heijastavat materiaalit ovat kustannustehokkaita, ympäristöystävällisiä ja passiivista tehokasta tekniikkaa, jotka edistävät rakennusten energiatehokkuuden saavuttamista vähentämällä jäähtymisen tarvetta ja parantamalla kaupunkien mikroilmastoa alentamalla pinnan ja ilman lämpötilaa.

Viileille materiaaleille on ominaista (Santamouris 2011):

1. Korkea aurinkoheijastavuus (Solar Radiation, SR). Aurinkoheijastavuudella mitataan pintamateriaalin kykyä heijastaa aurinkosäteilyä koko pinnan alueelta asteikolla 0–1 tai 0–100 %.
2. Korkea infrapunasäteily (e), jota mitataan materiaalin kyvyllä vapauttaa absorboitua lämpöä. Se kertoo, kuinka hyvin pinta säteilee energiaa verrattuna mustaan materiaan samassa lämpötilassa asteikolla 0–1.

Jos pinta, jolla on korkea aurinkoheijastavuus ja korkea infrapunasäteilyn päästö, altistetaan auringon säteilylle, sen pinnan lämpötila on alhaisempi kuin vastaavan pinnan, jolla on alhaisemmat SR- ja e-arvot. Jos viileä materiaali on rakennuksen ulko-osassa, se vähentää rakennukseen tunkeutuvaa lämpöä. Jos kyseessä on kaupunkiympäristön pinta, niin se vähentää ympäröivän ilman lämpötilaa. (Santamouris 2011)

Viileiden materiaalien käyttö on mahdollista maailmanlaajuisesti ja niiden käyttö johtaisi jäähditysenergian vähentymiseen. Rakennuksiin on ympäri maailmaa tehty suuri joukko kokeellisia tutkimuksia, jotka dokumentoivat näitä säästöjä. Haberland ja Chon (2004) kirjallisuuskatsauksen mukaan jäähditysenergian säästöt, jotka johtuvat viileiden materiaalien käytöstä rakennuksissa vaihtelevat 2 %:sta 44 %:iin keskiarvon ollessa 20 %. Vastaavasti viileästä katosta saatavat jäähditysenergian säästöt olivat 3–35 %, mikä riippui katon eristystasosta, ilmastoinnin sijoituksesta ja ullakon rakenteesta. Levinson ym. (2005) analyysissä tutkittiin viileiden materiaalien vaikutuksia lämpimällä säällä muualla kuin asuinrakennuksissa ja he ilmoittivat mitatut päivittäiset ilmastointivähennykset kesällä. Ilmastointivähennyksen huiput olivat 10–30%. Nämä arvot ovat riippuvaisia rakennuksen ominaisuuksista, käytöstä ja ympäröivän alueen kunnosta. Energiasäästöt on huomattu olevan merkittävämmät vanhoissa taloissa, joissa on vähän tai ei lainkaan eristystä.

Katon heijastavuuden lisääminen voi johtaa lämmitysenergian kysynnän kasvuun. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että tämä lisäys on paljon vähemmän merkittävä kuin vastaava jäähditysenergian säästö, mikä johtaa positiivisiin nettosäästöihin lämpimissä tai lauhkeissa ilmastolosuhteissa, kuten Etelä-Suomessa (EPA 2009; Santamouris ym. 2008). Tämä selittyy sillä, että talvella aurinko on matalammalla ja saapuva auringonsäteily on vähemmän voimakasta. Päivällä aurinko myös paistaa vähemmän aikaa, ja silloin on suurempi todennäköisyys pilviselle säälle, joten kaupunkeihin tällöin absorboituu vähemmän energiaa kuin kesällä. Nettosäästöt riippuvat useista muuttujista, kuten paikallisista ilmasto-olosuhteista, rakennuksien ominaisuuksista ja käytössä olevista LVI-järjestelmistä. (Santamouris 2011)

Viileät katot tuovat lisäetua myös kestävyydellään. On tutkittu, että viileiden materiaalien käytöllä on vaikutusta katon käyttöiän pidentymiseen. Tämä voidaan selittää materiaalien alhaisella lämpötilalla, koska materiaalien hajoaminen liittyy kemiallisiin reaktioihin, jotka etenevät nopeammin korkeissa lämpötiloissa. Lisäksi lämpötilavaihtelut aiheuttavat stressiä materiaalille lämpölaajenemisen takia. On osoitettu, että viileiden pintojen pintalämpötilan vaihtelu on paljon vähäisempää, kuin tummilla pinnoilla. (Berdahl ym. 2008; Levinson ym. 2005; Gartland 2008) Tutkimuksissa on ilmennyt, että tummanvärisen kattomateriaalin (SR=0.18) päivittäiset lämpötilavaihtelut saavuttivat 25 °C:n, ja kun

tämä materiaali korvattiin viileällä materiaalilla (SR=0.89), pinnan lämpötilan päivittäiset vaihtelut laskivat 8 °C:een. Tällöin katon pinta kärsii vähemmän lämpörasituksesta. Lisäksi viileä valkoinen materiaali voi estää UV-säteilyä pääsemästä materiaalin alle ja näin suojelee sen alla olevaa materiaa. (Berdahl ym. 2008; Levinson ym. 2005; Gartland 2008)

2.4 Mikä on indikaattori?

Ilmastonmuutokseen ja sen tuomiin ilmastoriskeihin sopeutumista, esimerkiksi edellä mainituilla sopeutumista lisäävillä kaupunkirakenteilla, voidaan seurata indikaattoreiden eli osoittimien tai ilmaisimien avulla (Arnkil ym. 2017). Indikaattori voidaan määritellä tilastolliseksi luvuksi, jonka avulla tietoa voidaan tiivistää ja saada ymmärrettävään muotoon. Tiedon käsittely helposti ymmärrettävään muotoon mahdollistaa ihmisten mielipiteen muodostamisen tietystä asiasta ja parempia mahdollisuuksia keskusteluun osallistumiseksi. Indikaattoreita voidaan käyttää monissa käyttöyhteyksissä. (Rosenström ja Palosaari 2000). Niiden avulla voidaan seurata asetettuja tavoitteita eli sitä, kuinka tavoite on edennyt. Indikaattorit siis edesauttavat suunnittelua ja päätöksentekoa. Niillä voidaan myös vertailla maiden välisiä eroja. Kansainväliset järjestöt usein hyödyntävät tätä maiden välistä vertailua ja keräävät jäsenmailta tietoja säännöllisin väliajoin. Maailmanlaajuisilla indikaattoreilla on suuri merkitys tietojen vertailevuuden parantamisessa. (Rosenström ja Palosaari 2000).

Koska indikaattorit toimivat ilmaisimina erilaisista prosesseista, niiden avulla voidaan seurata sopeutumisen kehitystä ja toimeenpanoa. Tällaisia ilmaisimia kutsutaan *sopeutumisen indikaattoreiksi*. Jos sopeutuminen käsittelee sopeutumista ilmastonmuutokseen, kutsutaan näitä ilmastonmuutokseen sopeutumisen indikaattoreiksi. Ne antavat tietoa siitä, miten ja mihin suuntaan sopeutuminen on kehittymässä ja kuinka aiemmat toimenpiteet ovat vaikuttaneet kehitykseen. Sopeutumisen indikaattorit ovat merkittävä osa sopeutumispolitiikan toimeenpanojen sekä yhteiskunnan resilienssin seuranta. (Arnkil ym. 2017). Euroopan ympäristöviraston (EEA 2012) mukaan hyvää sopeutumisen indikaattoria kuvaavat seuraavat tekijät: olennainen päätöksenteon ja suunnittelun kannalta, linkittynyt ilmastonmuutokseen tai muuhun ongelmaan, menetelmiltään ja aineistoltaan laadukas, aineisto on helposti saatavilla ja tieteellisesti hyvin perusteltu. Lisäksi indikaattoriin mahdollisesti liittyvät epävarmuudet ovat tiedossa sekä niiden täytyy olla hyväksytyjä ja ymmärrettäviä.

On useita syitä miksi sopeutumista ja sen edistymistä on hankala mitata. Ilmastonmuutokseen sopeutumista tehdään monella sektorilla ja sille on tyypillistä pitkien aikavälien tarkastelu ja

ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyvä epävarmuus. Sopeutumisessa on myös usein kyse laajoista yhteiskunnallisista tavoitteista. Ei ole olemassa selkeitä kynnyksarvoja onnistuneelle sopeutumiselle. Kun halutaan hankkia luotettavaa tietoa indikaattoreiden avulla, olisi hyvä keskittyä yksittäisen indikaattorin sijaan johonkin valittuun indikaattoriryhmään ja siihen, tuottaako tämä ryhmä yhtenäistä ja luotettavaa tietoa sopeutumisen kokonaiskuvasta. (Arnkil ym. 2017)

2.5 Sopeutuminen ja sen seuranta

Ilmastoriskeihin, kuten lämpösaarekeilmiön aiheuttamiin potentiaalsiin negatiivisiin vaikutuksiin, on sopeuduttava, jotta ylimääräisiä vahinkoja voitaisiin välttää. (Oppenheimer ym. 2014). Ihmisillä ja luonnollisilla järjestelmillä on kyky selviytyä haitallisista olosuhteista sopeutumalla, mutta ilmastonmuutoksen tapauksessa tarvitaan jatkuvaa työtä ja suunnitelmallisuutta sopeutumisen ylläpitämiseksi. (IPCC 2012). *Sopeutumisella* tarkoitetaan prosessia, jossa sopeudutaan tämänhetkiseen tai odotettuun ilmastoon ja sen vaikutuksiin. Ihmisjärjestelmissä sopeutumisella pyritään lieventämään tai välttämään haittaa eli koitetaan vähentää haavoittuvuutta. (Pelling 2010) *Sopeutumiskyvyllä* tarkoitetaan systeemin kykyä sopeutua ilmastonmuutokseen ja lieventää mahdollisia vahinkoja. Sopeutumiskykyyn vaikuttavat monet tekijät, kuten talous, teknologia, tieto, infrastruktuuri ja yhteiskunnan rakenne. (IPCC 2001)

Ihmisen kykyä selviytyä ilmastovaikutuksista voidaan lisätä toimenpiteillä, jotka eivät ole ennakoivia tai tarkoituksenmukaisesti ota huomioon ilmastonmuutosta. Esimerkiksi toimeentulon monipuolistaminen vasteena välittömiin taloudellisiin tekijöihin voi lisätä pitkäaikaista kykyä selviytyä muuttuvasta ilmastosta. Tällaisia toimia kutsutaan usein *itsenäiseksi sopeutumiseksi*. Termin käyttö on kuitenkin ollut epä johdonmukaista kirjallisuudessa ja siihen on viitattu usein puhuttaessa tarkoituksenmukaisista toimista ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Oikeaoppisesti termiä tulisi käyttää ennakoimattomissa tilanteissa. (Noble ym. 2014) IPCC:n määritelmät selventävät eron ihmisen ja luonnonjärjestelmän sopeutumisessa. Luonnonjärjestelmillä, kuten ekosysteemeillä, on mahdollisuus sopeutua monien itsenäisten prosessien kautta (esimerkiksi fenologiset muutokset, migraatio, fenotyyppien sopeutuminen ja geneettiset muutokset) ja ihmiset voivat puuttua toimintaan edistääkseen tiettyä sopeutumista, esimerkiksi hallitun migraation kautta. Onnistunut sopeutuminen riippuu kyvystämme helpottaa luonnollisia järjestelmiä muuttuvaan ilmastoon säilyttäen siten ekosysteemipalvelut, joista kaikki elämä on riippuvaista. (Noble ym. 2014)

Voidaan erotella kolme erilaista lähestymistapaa sopeutumiselle. *Vähittäisellä sopeutumisella* (*incremental adaptation*) tarkoitetaan toimia, joissa keskeisenä tavoitteena on ylläpitää olemassa

olevien teknologisten, institutionaalisten ja hallintojärjestelmien eheyttä (viljelyjärjestelmien sopeutuminen uusilla lajikkeilla tai kastelun määrän tehostamisella). Sitä vastoin *muutossopeutumisessa (transformative adaptation)* pyritään muuttamaan järjestelmien perusominaisuuksia nykyhetkeen sopiviksi tai odotettavissa olevaan ilmastomuutoksen vaikutukseen. Tämä sisältää muutoksia toiminnassa, kuten esimerkiksi toimeentulon muuttaminen viljelystä karjatalouteen, muuttamalla toimeentulo muualle tai muuttamalla käsitystämme ilmastomuutoksen luonteesta, sopeutumisesta ja niiden suhteesta muihin luonnon- ja ihmisjärjestelmiin. (IPCC 2012; Kates ym. 2012; Park ym 2012; Green Climate Fund 2013) Muutossopeutumista ei kuitenkaan tarvita kaikissa ilmastomuutokseen liittyvissä ongelmissa ja jos se on huonosti suunniteltu, voi se tuoda mukanaan sosiaalista eriarvoisuutta (Pelling 2010). Muutossopeutumisessa on oltava mukana ymmärrys valtasuhteista, jotka ohjaavat, estävät ja vääristävät tuloksia ja voivat vähentää ennustettavuutta. On keskityttävä moniin eettisiin ja menettelytapakysymyksiin: Kuka tai mitkä prosessit määrittävät hallitsevan sopeutumistavan ja vallitsevat muutoskohdat? Mitkä ovat olosuhteet, joissa sopeutumista syntyy? (Pelling 2015) Kolmas lähestymistapa *vastustaminen (resistance)* keskittyy ja lisää investointeja olemassa olevaan infrastruktuuriin, instituutioihin ja käytäntöihin. Sijoitukset ovat näkyviä esimerkkejä riskienhallinnasta. Vastustaminen mahdollistaa myös uudelleenjärjestäytymisen aiheuttamatta suuria systeemisii häiriöitä. (Pelling 2015) Toiminnan viivästyminen sopeutumisessa tulee vähentämään sopeutumista maailmalla. (IPCC 2012)

Sopeutuminen voi myös epäonnistua, työssäni kutsun tätä ilmiötä *haittasopeutumiseksi* (maladaptation). Haittasopeutumisen tunnistaminen on hankalaa, koska ei ole olemassa yleisessä käytössä olevia perusteita sopeutumistoimien arvioimiseksi ja mittaamiseksi, paikalliset olosuhteet vaihtelevat huomattavasti ja ajan kuluessa voi tapahtua muutoksia sopeutumisen onnistumisessa. Näistä vaikeuksista huolimatta, haittasopeutuminen on yritetty määritellä. (Granberg ym. 2011) Scheregan ja Grambschin (1998), IPCC:n (2001) ja Barnettin ja O'Neilin (2010) mukaan haittasopeutumista on sopeutuminen, joka lisää haavoittuvuutta ilmastotekijöille tai pahentavat vaikutuksia jollain muulla tavalla aiheuttaen kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisen. Tämä haavoittuvuus voi vaikuttaa moniin aloihin, sosiaalisiin ryhmiin ja eri sektoreihin. Juhola ym. (2016) jakavat haittasopeutumisen kolmeen kategoriaan:

1. Takaisin kimpoava haavoittuvuus (*rebounding vulnerability*)

2. Muuttuva haavoittuvuus (*shifting vulnerability*)

3. Kestävän kehityksen heikentyminen (*eroding sustainable development*)

Takaisin kimpoava haavoittuvuus on sopeutumista, joka lisää nykyisen hetken tai tulevaisuuden haavoittuvuutta jossakin tekijässä. Haavoittuvuus voi lisääntyä muun muassa lisäämällä alttiina olemista, herkkyyttä tai vähentämällä toimijoiden sopeutumiskykyä. (Juhola ym. 2016) *Muuttuva haavoittuvuus* lisää yhden tai useamman ulkoisen toimijan nykyistä tai tulevaa haavoittuvuutta. Ulkoisten toimijoiden haavoittuvuuteen voi vaikuttaa lisääntyneellä altistumisella, herkkyydellä tai heikentyneellä sopeutumiskyvyn kapasiteetilla. *Kestävän kehityksen heikkeneminen* on seurausta kasvihuonekaasupäästöä lisäävästä sopeutumistoimesta, joka vaikuttaa kielteisesti ympäristöolosuhteisiin tai sosiaalisiin ja taloudellisiin arvoihin. (Juhola ym. 2016)

Sopeutumisen seurannalla tarkoitetaan systemaattisten lähestymistapojen kehittämistä ja soveltamista arvioidakseen sopeutumistoimien edistymistä. Seuranta on jatkuva prosessi, jossa tutkitaan edistystä ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnittelussa ja toteuttamisessa. Seurannan tavoite on seurata sopeutumistoimenpiteiden toteuttamisessa saavutettua edistystä käyttämällä järjestelmällistä tietojen keräämistä tietyistä indikaattoreista ja tarkistamalla toimenpide suhteessa sen tavoitteisiin ja panoksiin, mukaan lukien taloudelliset resurssit. (EEA 2014)

Sopeutumisen seurannan lähestymistapoja ovat usein ilmastonmuutoksen seuranta, raportointi ja arviointi (monitoring, reporting, evaluation, MRE) (Ford, J. D. & Berrang-Ford 2013, 2016). Vaikka MRE on tyypillisesti suunniteltu yksittäisille hankkeille tai hallinnoille, sopeutumisen seuranta käytetään järjestelmällisesti ja johdonmukaisesti erityyppisille hallintojärjestelmille ja organisaatioille. Sopeutumisen seuranta on erityisen tärkeää esimerkiksi sellaisissa tapauksissa kuin Pariisin ilmastopöytäkirja, jossa on viiden vuoden tarkistusjakso. Tämä edellyttää systemaattisia menetelmiä sopeutumisen edistymiseksi ja arvioimiseksi eri maiden tilanteissa. (Ford ym. 2019) Kasvava määrä MRE-järjestelmiä suunnitellaan ja toteutetaan kansallisella tasolla Euroopassa. Sopeutumisen MRE-kirjallisuus korostaa, että sillä voi olla useita tarkoituksia, mukaan lukien ymmärryksen parantaminen, politiikan vaikuttavuuden ja tehokkuuden lisääminen, vastuuvollisuuden tarjoaminen ja oppimisen tehostaminen. Kun MRE keskittyy oppimiseen (mikä toimii, missä tilanteissa ja miksi?), MRE tarjoaa arvokkaan mahdollisuuden parantaa ymmärrystämme siitä, kuinka yhteiskunnat voivat parhaiten sopeutua ilmastonmuutokseen. (Ford ym. 2019)

Seuranta, raportointi ja arviointi ovat erillisiä, mutta läheisesti toisiinsa liittyviä prosesseja. (EEA, 2015) *Arvioinnilla* tarkoitetaan ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevien suunnitelmien, poliittisten päätösten ja toimien tehokkuuden systemaattista ja objektiivista arviointia. Arvioinnit perustuvat yleensä joukkoon määrällisiä ja laadullisia tietoja - mukaan lukien ne, jotka on kerätty seurantaprosessien avulla. Arvioinnit suoritetaan määrättyssä vaiheessa projektijakson aikana. Ennakko- ja väliarvioinnissa keskitytään tapoihin parantaa hanketta tai ohjelmaa. Jälkiarvioinnilla pyritään arvioimaan toimenpiteen kokonaistehokkuutta yleensä sen jälkeen, kun projekti tai ohjelma on saatettu päätökseen. (EEA, 2014) *Raportointi* on prosessi, jolla seurantaa ja/tai arviointia koskevat tiedot välitetään muodollisesti, usein hallinnollisin toimin. Se voi mahdollistaa sopeutumiskyvyn arvioinnin ja helpottaa oppimista eri sektoreilla, esimerkiksi tarjoamalla yleiskuvan edistymisestä EU:n alueella. Raportointi sopeutumisesta voi olla vapaaehtoista tai lakisääteistä, riippuen käytetyistä hallintomenettelyistä (EEA, 2015)

Berrang-Ford ym. (2019) ovat kehittäneet viitekehyksen, jossa on avainkomponentit ja kysymykset sopeutumisen arviointiin (taulukko 1). Viitekehyksen tavoitteena on integroida tilanteet, joissa eri toimijat luovat sopeutumista, ja konkreettiset toimet, joita hallitukset tekevät yhdistettynä muutoksiin ilmastohaavoittuvuudessa. Berrang-Ford ym. (2019) eivät ehdota uusia välineitä haavoittuvuuden tai sopeutumisen arvioimiseksi vaan sitä, että kaikki komponentit sijoitettaisiin yhteen viitekehykseen. He eivät myöskään keskity sopeutumisen seurantaindikaattoreihin. He sen sijaan hahmottelevat keskeiset käsitteet, elementit ja kysymykset, joita voidaan käyttää systemaattisesti sopeutumisen arvioinnissa ajassa ja eri toimijoiden välillä.

Viitekehyksessä on eroteltu *kuvaileva* ja *arvioiva arviointi*. Kuvailevassa arvioinnissa otetaan huomioon ilmastohaavoittuvuus, sopeutumisen tavoitteet ja kohteet, sopeutumistoimet ja sopeutumistulokset. Vaikka haavoittuvuutta on vaikea arvioida objektiivisesti, haavoittuvuuden arvioinnista on tullut vakiintunut tutkimusalue (Berrang-Ford ym. 2019). On tärkeää arvioida muuttuvaa haavoittuvuutta, mutta myös seurata muuttuvia ilmastoriskejä ajan myötä. Sopeutumistavoitteiden voidaan odottaa muuttuvan ja kehittyvän haavoittuvuuksien, odotusten ja tavoitteiden muuttuessa. Sopeutumistoimet heijastavat sitä, mitä hallitus oikeasti tekee kohdatessaan haavoittuvuutta, sekä myös tapoja, joilla hallitukset keskustelevat, mobilisoivat ja organisoivat sopeutumista. Tällä tavalla sopeutumistoimet sisältävät sekä prosessipohjaisen että tuotospohjaisen konseptin. Sopeutumispyrkimykset ja muutokset voivat johtua muuttuvista haavoittuvuusprofiileista ja muuttuvista hallituksen tavoitteista, mutta myös lisääntyneistä täytäntöönpano- tai hallintopyrkimyksistä. Sopeutumistuloksissa otetaan huomioon muutokset haavoittuvuudessa, joka syntyy vasteena hallituksen sopeutumistoimenpiteisiin. (Berrang-Ford 2019)

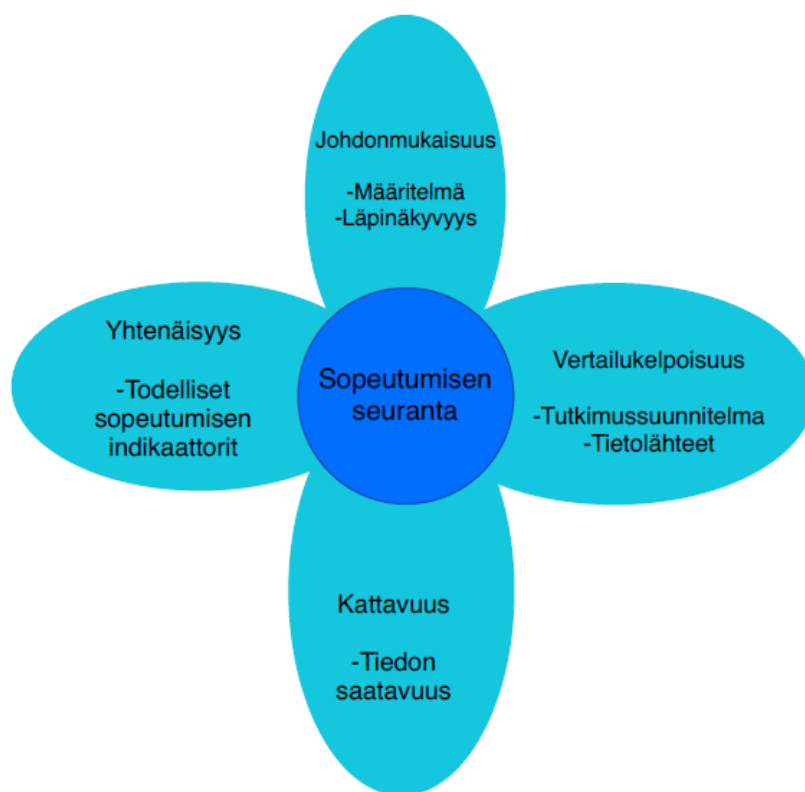
Taulukko 1. Avainkomponentit ja kysymykset sopeutumisen arviointiin viitekehyksessä (Berrang-Ford ym. 2019)

	Haavoittuvuusprofiili ja -konteksti	Sopeutumisen tavoitteet	Sopeutumisen toimet	Sopeutumisen tulokset
<i>Kuvaileva arviointi</i>	<p>Mitä ovat keskeisimmät ilmastoriskit, ei ilmastolliset riskit ja selviytymiskyky, jotka vaikuttavat haavoittuvuuteen?</p> <p>Missä määrin väestön haavoittuvuusprofiili on muuttunut?</p> <p>Millaisia laillisia päätöksiä on tehty haavoittuvuuden suhteen?</p>	<p>Mitkä ovat pääasialliset sopeutumistavoitteet ja hallitukset määrittelemät tavoitteet?</p> <p>Missä määrin tavoitteet ovat muuttuneet?</p>	<p>Mitä toimijat tekevät vähentääkseen haavoittuvuutta ja miten se tekee päätöksiä?</p> <p>Kuinka toimijoiden pyrkimykset ovat muuttuneet ajan myötä?</p>	<p>Mitä muutoksia (tuloksia) on tapahtunut sopeutumistoimissa?</p> <p>Kuinka haavoittuvuus on muuttunut?</p>
	Tavoitteiden riittävyys	Sopeutumisen toimien riittävyys	Attribuutio ja kontribuutio	
<i>Arvioiva arviointi</i>	<p>Ovatko tavoitteet yhdenmukaiset väestön haavoittuvuusprofiilin ja toimijoiden tavoitteiden kanssa?</p> <p>Missä määrin tavoitteet ja päämäärät ovat kehittyneet vastaamaan haavoittuvuutta?</p>	<p>Ovatko toimijoiden sopeutumistoimet yhdenmukaisia sen omien tavoitteiden kanssa?</p> <p>Missä määrin toimijoiden sopeutumistoimet ovat saavuttaneet tavoitteensa?</p>	<p>Onko todisteita siitä, että haavoittuvuuden muutokset johtuivat sopeutumistoimista?</p> <p>Vastaavatko sopeutumisen tulokset toimijoiden tavoitteita?</p>	

Viitekehyksen avulla voidaan myös arvioida sopeutumisen edistymistä arvioimalla yhdenmukaisuutta. Esimerkiksi sopeutumistavoitteiden arviointi perustuu siihen, missä määrin ne mukautetaan keskeisten väestöryhmien haavoittuvuuksiin ja tilanteisiin. Tähän voi kuulua erilaisten toimenpiteiden harkitseminen, esimerkiksi ovatko haavoittuvuudet oikeanlaisessa tärkeysjärjestyksessä ja otetaanko niissä huomioon tavoitteet tarpeeksi hyvin, jotta haavoittuvuus todellisuudessa voisi vähentyä. (Berrang-Ford 2019)

2.5.1 Sopeutumisen seurannan neljä keskeistä periaatetta

Berrang-Ford ja Fordin (2016) mukaan sopeutumisen seurannan lähestymistapoja ovat: 1. hyödyntää johdonmukaista ja operationaalista sopeutumisen hahmottamista 2. keskittyä vertailukelpoihin analyysiyksikköihin 3. käytettävä ja kehitettävä kattavia aineistoja sopeutumistoimista 4. ymmärrys ja tieto todellisesta sopeutumisesta tulisi olla johdonmukaista. Yhdessä nämä neljä sopeutumisen lähestymistapaa muodostavat seurannan neljä johtavaa periaatetta: johdonmukaisuus, vertailukelpoisuus, kattavuus ja yhtenäisyys (*consistency, comparability, comprehensiveness, coherency*) (kuva 1).



Kuva 1. Sopeutumisen seurannan neljä periaatetta (Berrang-Ford ja Ford 2016)

Johdonmukaisuus

Jos sopeutumisen edistymistä halutaan tarkkailla ajan kuluessa ja sitä halutaan vertailla eri kaupunkien tai maiden välillä, tarvitaan johdonmukainen käsitys sopeutumisesta. Ilman johdonmukaisuutta dokumentointi ei tuota tulosta eikä se ole vertailukelpoista. Ensimmäinen asia johdonmukaisuudessa on määritellä sopeutuminen. Tämä voi olla haastavaa, koska sopeutumisella voi olla lukemattomia muotoja. Sopeutuminen voi esimerkiksi pyrkiä parantamaan yleistä sopeutumiskykyä, se voi olla itsenäistä tai suunniteltua tai keskittyä nykyhetken tai tulevaisuuden riskeihin. (Berrang-Ford ja Ford 2016, Smit ym. 1999, Smithers ja Smit, 1997, Noble ym. 2014).

Näkökulmat siis siitä, mitä sopeutuminen on, vaihtelevat laajasti. Tätä epäselvyyttä sopeutumisen laajuudesta ja rajoista kutsutaan termillä ”riippuvan muuttujan ongelma” (*Dependent variable problem*) (Dupuis ja Biesbroek 2013)

Haaste määrittellä, mikä lasketaan sopeutumiseksi, aiheuttaa merkittävän ongelman sopeutumisen seurannalle. Oletus, että kaikki sopeutumistutkimukset käyttäisivät samaa yhtenäistä käsitteistöä sopeutumisesta, on epärealistinen. (Hinkel 2011, Klein 2009, Klein ja Moehner 2011) Seurantatutkimusten on kuitenkin oltava yhdenmukaisia sopeutumisen määrittelemisessä, jos sopeutumista verrataan ajan ja paikan välillä, jotta muut tutkimusryhmät voivat toistaa tutkimuksen.

Berrang-Ford ja Fordin (2016) mukaan on olemassa kaksi vaihtoehtoista sopeutumiskäsitettä, jotka tarjoavat lähtökohdan seurantatutkimukselle. *Kapea näkökulma* sopeutumiseen keskittyy tarkoituksenmukaisesti suunniteltujen vastatoimien tunnistamiseen, karakterisointiin ja niiden toimien seurantaan, jotka torjuvat ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja vähentävät osaltaan haavoittuvuutta tai hyödyntävät uusia mahdollisuuksia. (Dupuis ja Biesbroek 2013) *Laaja käsitys* sopeutumisesta harkitsisi yleisesti riskien vähentämiseen tähtäävää politiikkaa, jossa ilmastonmuutos voi olla yksi monista sopeutumisperusteista. Laaja lähestymistapa kuvastaa sopeutumisen ja sopeutumisen seurannan moninaisuutta ja sitä, että kyseessä on monivaiheinen prosessi. Monivaiheinen prosessi voi olla tehokkain, kun se sisällytetään poliittisiin prioriteetteihin ja siihen sisällytetään laajempiin sosioekonomisiin tekijöihin, kuten köyhyyteen ja epätasa-arvoon, puuttuminen (Dovers 2009). Laaja ja kapea näkökulma tarjoavat molemmat monipuolisia ja täydentäviä näkökulmia sopeutumisen tilaan.

Vertailukelpoisuus

Tärkeä osa sopeutumisen järjestelmällistä seuranta on se, että menetelmiä ohjaavat empiiriset tutkimustekniikat. Tämä edellyttää vertailukelpoista analyysia: ketä tai mitä tarkalleen ottaen verrataan? Olemassa oleva kirjallisuus tarjoaa laajan valikoiman tapaustutkimuksia kaupunkien, maiden, alueiden ja instituutioiden sopeutumisesta. Kaupunkitason ja maakohtaisen sopeutumisaloitteen vertaaminen vastaa kuitenkin kuvaannollisesti omenoiden ja appelsiinien vertailua. Sopeutumisen edistymisen mittaamiseksi on määriteltävä alueellinen ja ajallinen analyysiyksikkö tai nimittäjä, josta sopeutumismittareita voidaan verrata. Tähän voi kuulua kuntien tai kaupunkien sopeutumisohjelmien vertailu tiettynä ajanjaksona. Sopeutumisen seuranta on keskittynyt tietyille sektoreille, alueille ja instituutioille. (Berrang-Ford ja Ford 2016) Vertailu eri sektoreiden ja instituutioiden välillä voi olla poikkeuksellisen monimutkaista, jos esimerkiksi

sektoreiden luonteet tai valtioiden hallintojärjestelmät ovat erilaisia. Esimerkiksi Kanadan liittovaltion rooli on lähinnä provinssien ja territorioiden avustamisessa tarjoamalla tietoa, resursseja ja opastusta sopeutumiseen. Monissa Euroopan maissa kansallisilla hallituksilla on sen sijaan paljon vahvempi rooli sopeutumistoimien tukemisessa (Dickinson ja Burton 2011).

Johtavien kaupunkien ja instituutioiden keskuudessa on paljon sopeutumiseen liittyvää kirjallisuutta ja tietoa, joiden avulla sopeutumista voidaan arvioida. Jos olemme kiinnostuneita sopeutumisen yleisestä etenemisestä, meidän on otettava huomioon myös sopeutumista viivästyttävät tekijät. Raportoinnin puolueellisuudesta tulee kuitenkin haaste sopeutumisen seurannalle: Johtuuko julkisesti saatavilla olevien tietojen tai sopeutumistoimien tietojen puute heikosta sopeutumisprosessista vai yksinkertaisesti heikosta raportoinnista? Yhdenmukaisemmat suuntaviivat sopeutumisen indikaattoreiden keräämiselle johdonmukaisen raportoinnin avulla parantaisivat dramaattisesti vertailukelpoisuutta sopeutumistietoaineistoista kansallisella tasolla ja rajoittaisivat raportointivirheitä (Lesnikowski ym. 2013)

Sopeutumisen seurannan tulisi pyrkiä paitsi vertailemaan yksiköitä (kuten kaupunkeja) myös seuraamaan muutosta ja edistymistä. Tämä edellyttää sopeutumista koskevia raportointi-indikaattoreita, joilla voisi mitata jaksoittaista sopeutumista. Vaikka sopeutumisella ei ole perustasoa, niin se voidaan aina käsittää arvioimalla edistymistä ja asettamalla tunnistettavia ja vertailukelpoisia virstanpylväitä. Tärkeä osa vertailtavuutta on myös sopeutumisen seurannassa käytetyn menetelmän *läpinäkyvyys*. Tätä tarvitaan sopeutumisen etenemisen analyysin ja tapauksen vertailun tukemiseksi, perustiedon käytön helpottamiseksi muissa tutkimusryhmissä, johdonmukaisuuden varmistamiseksi ja tutkimuksen toistamisen mahdollistamiseksi. (Berrang-Ford ja Ford 2016)

Kattavuus

Jotta voidaan vertailla sopeutumista kaupunkien ja alueiden välillä, on oltava riittävän yksityiskohtaisia tietokokonaisuuksia. Kattavuus tässä tapauksessa heijastaa sitä, missä määrin tietoja on saatavana alueista ja päivitetäänkö pitkän ajan arvioita ajan myötä. (Berrang-Ford ja Ford 2016) Vaikka laadullisella tutkimuksella on edelleen oleellinen tehtävä sopeutumisprosessien tutkimisessa, on myös tärkeää kehittää riittävän kattava aineisto, jolla voidaan tehdä myös kvantitatiivista analyysia. Näin voidaan paremmin tutkia sopeutumisen etenemistä valtioiden tai muiden toimijoiden välillä systemaattisesti ja vertailukelpoisesti. Tämä on haasteellista, koska monilla matala- tai keskituloisilla mailla ei ole ajantasaista raportointia. Tämä kertoo riskistä, että sopeutumista koskevaa

tietoa on vähiten saatavilla alueilla, joilla on suuri haavoittuvuus ja sopeutumisen tarve. (Berrang-Ford ja Ford 2016)

Myöskään keskituloisten valtioiden sopeutumistoimia ja sopeutumisen edistymistä ei juuri ole tutkittu (Berrang-Ford ym. 2011), ja moni sopeutumisen tietolähteistä kattaa vain pienen otoksen alueesta. (Berrang-Ford ja Ford 2016) UNFCCC:n (The United Nations Framework Convention on Climate Change) kansallinen viestintä on erinomainen ja suhteellisen vertailukelpoinen sopeutumistiedon lähde, mutta sitä on pitkälti saatavana vain suurempituloisissa maissa. Kattavuuden parantamiseen tarvitaan strategisempi lähestymistapa. (Berrang-Ford ja Ford 2016) Lisäksi pitää systemaattisesti tunnistaa sopeutumisen puutteet ja kerätä lisää tietoa näistä puutteista. Berrang-Fordin ja Fordin (2016) mukaan on olemassa kaksi tapaa etsiä kattavampia sopeutumisen tietolähteitä. Ensiksi on pyrittävä integroimaan kattavuus otantastrategiaksi kehittäessä uusia tietolähteitä. Tutkijoiden tulisi kysyä itseltään seurattaessa sopeutumista: kuka tai mikä on jätetty pois tästä aineistosta ja missä määrin tämä voi vaikuttaa tulosten luonteeseen? Toiseksi on etsittävä tietolähteitä, jotka tarjoavat kattavamman pääsyn sopeutumistietoihin. (Berrang-Ford ja Ford 2016)

Yhtenäisyys

Suuri haaste sopeutumisen seurannalle on kehittää sellaisia mitattavia indikaattoreita, jotka heijastavat sopeutumista. Menetelmien tulisi siten pyrkiä olemaan johdonmukaisia nykyisen ymmärryksemme kanssa siitä, mikä on todellista sopeutumista. Esimerkiksi sopeutumisen etenemisen mittaamiseksi on tärkeää, että seurantamenetelmät menevät pidemmälle kuin sopeutumisen dokumentointi, jota käytetään laajalti edistuksen mittaamisen perustana. Havaittujen sopeutumistoimenpiteiden määrä ei välttämättä osoita edistymistä kohti sopeutuvampaa kaupunkia. (Knill ym. 2012, Ford ym. 2013, Hupe ym. 2014, Dupuis ja Biesbroek 2013, Massey ym. 2014).

Tällaisia pyrkimyksiä indikaattoreihin, jotka heijastavat sopeutumisen onnistumista ja kriittisempiä näkökohtia, voi olla hankala löytää käytännössä, ja niitä on mahdoton käyttää vertailukelpoisella tavalla erilaisten tapaustutkimusten ulkopuolella. Samoja indikaattoreita ei välttämättä voi tämän takia käyttää muissa tutkimuksissa, koska yhteen tapaukseen keskittyvät indikaattorit auttavat tietyn tapauksen sopeutumisen seurannassa. (Berrang-Ford ja Ford 2016) Tässä on vaara, että etsiessämme vertailukelpoista ja kattavaa sopeutumistietoa vesitämmme tahattomasti toimenpiteidemme laatua. Tämä metodologinen haaste ei saisi estää pyrkimystä löytämään sopeutumisen seurannan indikaattoreita. (Berrang-Ford ja Ford 2016) Yksi mahdollinen lähestymistapa on dokumentoitujen päätösten ja ohjelmien riittävän kattavuuden tutkiminen ja niiden vertailu määritettyihin

sopeutumisittoumuksiin, tavoitteisiin ja tarpeisiin nähden. Tätä on käytetty vertailemaan ja seuraamaan YK-maiden toimenpiteitä sosiaalipolitiikan eri osa-alueilla, kuten työolojen parantamisessa ja köyhyyden vähentämisessä. (Heymann ja McNeill 2013) Jotta sopeutumisen seurannalla olisi merkitystä sopeutumistutkimukselle, sen tulisi seurata teoriaa. Tällä hetkellä epäyhtenäinen käsitys siitä, mikä on sopeutumista, tekee yhtenäisten sopeutumisen indikaattoreiden luomisesta lähes mahdotonta. (Berrang-Ford ja Ford 2016)

2.6 Viitekehys sopeutumisen indikaattoreiden valintaan

Tämän tutkielman tarkoitus on kehittää seurantajärjestelmä, jolla voidaan arvioida sopeutumista lämpösaarekeilmiöön kaupungissa. Valitsin indikaattorit sopeutumisen seurantajärjestelmäksi, koska niiden avulla voidaan arvioida ja seurata sopeutumisen keinojen tehokkuutta ja hyödyllisyyttä. Indikaattoreilla voidaan siis edesauttaa vaikutusten mitattavuutta. Lisäksi indikaattorit voivat auttaa arvioimaan systemaattisesti sopeutumishankkeita ja lisätä niiden vertailukelpoisuutta. (Kabisch ym. 2016)

NPCC (*New York City Panel on Climate Change*) on kehittänyt viitekehysten ”Seitsemän askelta indikaattorien ja seurannan valintaprosessiin” (kuva 2). Työssäni hyödynnän tätä NPCC:n kehittämää viitekehystä indikaattoreiden valintaprosessiin, koska prosessi on selkeä, helposti toteutettavissa ja prosessin eri vaiheissa voi hyvin ottaa huomioon Berrang-Fordin ja Fordin (2016) seurannan neljä periaatetta. Prosessin aikana on myös hyödyllistä miettiä avainkomponentteja ja kysymyksiä sopeutumisen arviointiin, kuten edellä esitetyssä viitekehyksessä (Berrang-Ford ja Ford 2016). Prosessi on myös helposti toistettavissa mahdollisia myöhempiä tarpeita varten. Itse prosessi ei seuraa sopeutumista, mutta kun kaikki vaiheet on toteutettu, on syntynyt indikaattorijärjestelmä, jonka avulla voidaan seurata sopeutumista. NPCC:n viitekehys on erityisen tärkeä sopeutumisen seurannan iteratiivisessa indikaattoreiden kehityksessä. NPCC:n viitekehykseen (kuva 2) olen merkinnyt keltaisella ne kohdat, jotka olen toteuttanut tutkimuksessani.

Tämä viitekehys kehitettiin New Yorkin ensimmäisessä ilmastomuutosta käsittelevässä paneelissa, NPCC:ssä. Paneeli alkoi ajatuksella: Mitä ei voida mitata, ei voida hallita (Rosenzweig ym. 2010). Ensimmäisen NPCC:n (Rosenzweig ym. 2010) loppuraportin ”Indikaattorit ja seuranta” kappaleessa käsiteltiin tarvetta keksiä sarja indikaattoreita, joilla voitaisiin seurata ilmastomuutosta ja sopeutumista. Näin voitaisiin vaikuttaa ja informoida ilmastomuutokseen vaikuttavaan päätöksentekoon. Siinä hahmoteltiin valintaperusteet indikaattoreiden valintaan (politiikan merkityksellisyys, analyyttinen vakaus, mitattavuus), määriteltiin indikaattorien kategoriat (fyysinen

ilmastonmuutos, altistuminen riskeille, haavoittuvuus ja vaikutukset, sopeutuminen, uusi tutkimus) ja annettiin esimerkkejä indikaattoreista.

Toinen NPCC-raportti (NPCC2; NPCC 2015) keskittyi New Yorkin ilmaston mittaukseen, seurantaan ja toiminnan arviointiin. Näillä keinoilla pystytään koordinoimaan ja opastamaan tehokkaammin kaupungin toimintaa ilmastomuutokseen liittyvissä haasteissa (NPCC 2015). Se määritteli prosessin, jolla voidaan kehittää ilmastokestävyyden indikaattoreita ja seurantajärjestelmää perustuen olemassa olevan monitoroinnin puutteisiin ja mahdollisuuksiin. NPCC1 (2010)- ja NPCC2-raporteissa esitettyjen ilmastotrendien yhdistelmä, nykyisten seurantatoimien dokumentointi, indikaattoreiden laatiminen ja seurantakehitysprosessin kehitys ovat auttaneet New Yorkia etenemään kohti parempaa indikaattoreiden ja seurannan kehitystä.

Kuva 2 kuvaa NPCC:n käyttämää iteratiivista riskien hallintajärjestelmää indikaattorivalinnassa. NPCC1- ja NPCC2-indikaattoreiden ja seurannan tutkimukset ovat edistäneet merkittävästi kuvan kohtien 1–3 kehitystä. Kohtiin 4 ja 5 keskityttiin NPCC3-raportissa (NPCC 2019), joka julkaistiin maaliskuussa 2019. Siinä keskityttiin ensisijaisiin indikaattoreihin ja niiden seurantaan, mikä edesauttaa ja ohjaa kohtien 6 ja 7 kehitystä.

Tässä työssä kävin läpi prosessin ensimmäiset kuusi kohtaa, joiden avulla kehitin sopeutumista seuraavan indikaattorijärjestelmän. Tapasin Helsingin kaupungin ilmastomuutokseen sopeutumisen asiantuntijan ja keskustelin hänen kanssaan kaupungin tarpeista ja avainkysymyksistä. Kirjallisuuskatsauksen avulla etsin tietoa sopeutumisesta ja lämpösaarekeilmiöstä, tämän tiedon avulla kehitin alustavan indikaattorilistan. Pidin työpajan Helsingin kaupungin asiantuntijoille, jossa heillä oli mahdollisuus antaa palautetta alustavasta indikaattorilistasta. Työpajan jälkeen jatkoin indikaattoreiden validointia kyselyllä, joka lähetettiin asiantuntijoille. Työpajan ja kyselyn avulla muokkasinkin indikaattoreita ja kehitin lopullisen indikaattorijärjestelmän. Kohta seitsemän on mahdollista toteuttaa vasta sitten, kun indikaattorit ovat otettu käyttöön kaupungilla, koska prosessi vaatii jatkuvaa tutkimusta ja tarkastelua.



Kuva 2. Seitsemän askelta indikaattorien ja seurannan valintaprosessiin (NPCC 2015).

3. Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineisto koostuu kirjallisuuskatsauksesta, fokusryhmäkeskustelusta ja sähköisestä kysymyslomakkeesta. Kirjallisuuskatsauksen avulla tutustuin lämpösaarekeilmiöön, keskeisiin lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen keinoihin kaupungissa ja sen aiheuttamaan haavoittuvuuteen. Fokusryhmäkeskustelun ja kyselylomakkeen avulla selvitin, mitkä kehittelemistäni indikaattoreista koettiin hyödyllisiksi tai hyödyttömiksi kaupungin asiantuntijoiden keskuudessa ja minkä takia. Tarkoitukseni oli myös validoida indikaattoreita asiantuntijoiden huomioiden avulla, jotta niistä saataisiin paremmin kaupungin sopeutumisen seurantatyöhön soveltuvia ja spesifimpiä.

3.1 Alustavien indikaattorien muodostaminen

Työni indikaattorit muodostin aluksi alustavasti aiheeseen liittyvän kirjallisuuden avulla. Indikaattoreiden kehittämistä varten etsin artikkeleita Web Of Science ja Google Scholar -tietokannoista aiheeseen liittyvillä hakukomennoilla kuten *Urban heat island*, *Social vulnerability*, *Adaptation*, *Heat island indicator*, *Climate change adaptation*. Hakutulosten artikkelit rajasin niin, että ne käsittelivät lämpösaarekeilmiön keskeisimpiä aiheuttajia, sosiaalista haavoittuvuutta, kaupungin rakenteellisia ilmiön lieventäjiä ja infrastruktuuria. Tässä työssä kehittämäni

indikaattorilista on jaettu teemoihin, jotka ottavat huomioon ilmastoriskien kolme osa-aluetta (hasardi, altistuminen, haavoittuvuus).

Kirjallisuuden tarkoituksena oli kerätä tietoa, jota pystyy soveltamaan kaupungin lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattoreissa. Indikaattoreita kehittäessä otin huomioon Euroopan ympäristöviraston (EEA 2012) määritelmän hyvän sopeutumisen indikaattorin ominaisuuksista, sekä Berrang-Fordin ja Fordin kehittämää seurannan neljää johtavaa periaatetta: johdonmukaisuutta, vertailukelpoisuutta, kattavuutta ja yhtenäisyyttä (kuva 1). Pyrin ottamaan nämä periaatteet huomioon, jotta indikaattoreista saataisiin vertailukelpoisempia, totuudenmukaisempia ja helpommin raportoitavia. Reflektoin tulosten tarkastelussa sitä, toteutuuko mielestäni nämä neljä periaatetta kehitetyssä indikaattorijärjestelmässä.

Kirjallisuuden lisäksi hyödynsin indikaattorilistan kehittämisessä NPCC:n (NPCC 2015) kehittelemää viitekehystä, seuraamalla ”seitsemän askelta indikaattorien ja seurannan valintaprosessiin” vaiheita (kuva 2).

3.2 Indikaattoreiden validointi

Validoin kirjallisuuden avulla kehitetyt indikaattorit fokusryhmäkeskustelun (Barbour 2007) ja kyselylomakkeen avulla. Validoinnissa ohjaavina periaatteina toimivat kvalitatiivisen tutkimuksen perusperiaatteet (Eskola, Suoranta 1998), mutta käytin myös kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. Kvalitatiivisen tutkimuksen tunnusmerkkejä ovat muun muassa tutkittavien näkökulma, harkinnanvarainen tai teoreettinen otanta, aineiston laadullis-induktiivinen analyysi ja hypoteesittomuus (Eskola, Suoranta 1998). Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on mahdollista hyödyntää useita tutkimusmenetelmiä (Eskola, Suoranta 1998). Työssäni en testannut minkäänlaista hypoteesia tai teorian pätevyyttä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006) Työssäni hyödynnän harkinnanvaraista otosta, joka tarkoittaa sitä, että asetin kriteerit fokusryhmäkeskustelun osallistujille ja kyselylomakkeen vastaajille. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006) Heidän tuli olla alan asiantuntijoita pääkaupunkiseudulta, eli lämpösaarekeilmiön ja helteiden tuli liittyä heidän työhön. Laadullisen tutkimuksen lisäksi tutkimustani voi kuvata tapaustutkimukseksi. Tapaustutkimuksessa keskeistä on tutkittava tapaus, jonka määrittelylle tutkimuskysymys, tutkimusasetelma ja aineistojen analyysit perustuvat. (Eriksson, Koistinen 2005) Tarkoitukseni oli tutkia yksittäistä tapahtumaa hyödyntämällä eri menetelmillä hankittua tietoa. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006) Tässä tapaustutkimuksessa hyödynsin kirjallisuutta, fokusryhmäkeskustelua ja sähköistä kyselylomaketta. Tavoitteenani oli näiden avulla saada systemaattisesti totuudenmukainen kuvailu siitä, mitkä ja

minkälaiset indikaattorit koetaan hyödyllisiksi lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen kuvaajiksi Helsingissä. Tapausta tutkimalla pyrkimykseni oli lisätä ymmärrystä lämpösaarekeilmiöön sopeutumisesta ja sen indikaattoreista. Tarkoitukseni oli myös, koittaa saada syventävä ymmärrys aiheesta ja huomioida siihen liittyvät olosuhteet ja taustat. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006)

Fokusryhmäkeskustelu oli osa Helsingin kaupungin ilmastomuutoksen sopeutumiseen liittyvää työpajaa, joka järjestettiin 23.1.2020 kello 8.30–11.30. Työpajaan lähetettiin kutsu sähköpostitse valituille pääkaupunkiseudun ympäristöasiantuntijoille. Kyseiset henkilöt kutsuttiin, koska he tietävät tutkittavasta ilmiöstä paljon tai heillä on siitä kokemusta työn kautta asiantuntijatehtävissä. Paikalle saapui 22 asiantuntijaa, jotka olivat ympäristötoimesta, tekniseltä toimialalta sekä sosiaali- ja terveystoimesta. Työpaja alkoi aiheeseen tutustumisella ja kertomalla nykyisestä Helsingin sopeutumisen seurannasta ja niiden indikaattoreista. Alussa kerroin myös tutkielmani aiheesta, sen tavoitteista ja lämpösaarekeilmiön peruseräkkeistä sekä sen aiheuttamista ongelmista kaupungeissa.

Fokusryhmäkeskusteluun osallistui kuusi henkilöä ja se kesti 25 minuuttia. Osallistujien tehtävänä, oli keskustella alustavista indikaattoreista ja kertoa vapaasti, onko niissä heidän mielestään ongelmakohtia, ovatko ne hyödyllisiä tai ovatko ne toteutettavissa. Fokusryhmäkeskustelun jälkeen muokkasinkin alustavaa indikaattorilistaa keskustelussa annettujen kommenttien perusteella.

Valitsin kyseisen menetelmän, koska tavoitteeni oli validoida kehittämieni lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattoreita kaupungin asiantuntijoiden avulla ja tarkastella sitä, mitkä indikaattorit kaupungin asiantuntijat kokevat erityisen tärkeiksi. Lisäksi tahdoin eritellä mahdolliset esteet tai haasteet indikaattoreiden konkretisointiin ja kartoittaa mahdollisesti kaupungin kannalta tärkeimpiä teemoja. Työpajan tarkoituksena oli myös kehittää osallistujien tietämystä sopeutumisesta, haavoittuvuudesta, sopeutumisen indikaattoreista ja lämpösaarekeilmiöstä. Fokusryhmäkeskustelu voikin olla hyvä keino päästää tutkijana lähemmäs tutkittavaa ilmiötä (Eskola, Suoranta 1998). Ryhmässä keskustelevat henkilöt voivat myös innostaa toisiaan puhumaan aiheesta enemmän. (Eskola, Suoranta 1998).

Kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä hyödynsin sähköisessä kyselylomakkeessa, jolla jatkoin indikaattoreiden validointia fokusryhmäkeskustelun jälkeen. Kyselytutkimuksen avulla pystyin tutkijana esittämään vastaajalle kysymyksiä kyselylomakkeen välityksellä. Se on hyvä tapa kerätä ja tarkastella tietoa tutkimukseen liittyvästä ilmiöstä sekä mielipiteistä, asenteista ja arvoista työni indikaattoreita kohtaan. (Vehkalahti 2014). Aineistoa kerätessä käytin tutkimuslomaketta, jossa oli

valmiit vastausvaihtoehdot. Asioita kuvailtiin numeraalisesti Likert-asteikon avulla. Tällaisen kvantitatiivisen menetelmän avulla pystyin kartoittamaan asiantuntijoiden tämän hetkiset toiminnan painopisteet lämpösaarekeilmiöön sopeutumiseen kaupungissa, heidän mahdolliset tiedonpuutteensa aiheesta ja aiheet, joissa on heidän mielestään kehittämisen varaa. (Heikkilä 2014)

Kyselylomake (Liite 1) sisälsi 17 kysymystä työpajan jälkeen muokatuista indikaattoreista. Kysymykset oli jaettu kuuteen osioon indikaattoreiden teemojen mukaan. Kyselyssä vastattiin neliportaisella Likert-asteikolla siihen, kuinka hyödyllinen indikaattori vastaajan mielestä on ilmiön kannalta. Jokaisen Likert-asteikollisen kysymyksen jälkeen vastaajalla oli mahdollisuus vastata avoimeen kysymykseen, miten indikaattoria voisi kehittää tai tarkentaa. Kyselyn lopussa vastaajalle annettiin mahdollisuus kirjoittaa avoimeen osioon, onko hänellä muuta sanottavaa helleaaltoihin ja lämpösaarekeilmiöön sopeutumisesta.

Kehitin kyselylomakkeen tietojen pohjalta lopullisen indikaattorilistan. Otin prosessissa huomioon vastaajien yleisen mielipiteen indikaattoreista Likert-asteikon avulla ja avoimet vastaukset.

3.3 Aineiston käsittely ja analysointi

Nauhoitin ja litteroin fokusryhmäkeskustelun. Toteutin litteroinnin peruslitterointina Atlas.ti-ohjelmalla eli tein sen sanatarkasti, mutta huokaukset, naurahdukset ja täytesanat jätin pois, koska nämä eivät olleet relevantteja työn kannalta (Ketola ym. 2017). Peruslitterointia voidaankin käyttää, kun halutaan analysoida vain keskustelun asiasisältöä (Ketola ym. 2017). Koodasin äänitteen Atlas.ti-ohjelman avulla. Koodauksella tarkoitetaan aineiston pilkkomista helpommin tulkittaviin osiin. Menetelmä on siis aineiston systemaattista läpikäyntiä. (Eskola, Suoranta 1998) Laadullisessa tutkimuksessa luokitusjärjestelmiä eli koodeja ei tarvitse laatia etukäteen, vaan ne muokkaantuvat ja kehittyvät analyysin aikana. Koodauksen jälkeen tutkijan on mahdollista tarkastella aineistoa helpommin ja ryhmitellä aineistoa uudelleen. Tällä tavalla on mahdollista rajata aineistosta vain tutkimuksen kannalta tärkeät kohdat. (Eskola, Suoranta 1998)

Käytin äänitteen analysointiin kuutta koodia, jotka ovat esitetty taulukossa 2. Kehitin koodit keskusteluvuorojen sisällön mukaan ja alaluokat kertovat mitä aihealueita koodi sisältää. (Ketola ym. 2017) Sain koodauksen avulla selvitettyä mitkä aihealueet koetaan tärkeiksi fokusryhmäkeskusteluun osallistuneiden keskuudessa, mitä kehitettävää kaupungin toiminnassa heidän mielestään olisi ja minkälaisia uusia projekteja Helsingissä on kehitteillä.

Taulukko 2. Äänitteen analysointiin käytetty koodirunko

Koodi	Alaluokat
Ympäristön tila	Lämpötila, ilmanlaatu
Viherrakenteet	Viherkatot, kaupunkipuut
Sininen infrastruktuuri	Hulevesiratkaisut, vesialueet
Viheralueet	Viherkerroin
Viilennys	Viilennyslaitteet, läpituuletus, aurinkosuojat
Sosiaalinen haavoittuvuus	Vanhukset, kotihoito

Käsittelin kyselylomakkeen Likert-vastaukset Excelissä. Tein vastauksista pinotun pylväskuvion, jossa näkyy vastausten määrä ja keskihajonta. Laskin Excelissä Likert-vastauksista myös keskiarvon antamalla vastauksille arvot 1–4 siten, että hyödytön sai arvon 1 ja todella hyödyllinen arvon 4. Vastausvaihtoehdon ”en osaa sanoa” jätin pois laskuista.

Kyselyn avoimet vastaukset kävin systemaattisesti läpi Excelissä ja annoin jokaiselle vastaukselle koodin vastauksen sisällön mukaan. Koodit, joita käytin, olivat; *korjausehdotus*, *epäolennainen*, *positiivinen kommentti* ja *tarkentava kysymys*.

4. Tulokset

Tässä kappaleessa kerron työni tulokset. Ensin esitän alustavan indikaattorilistan, ja perustelen indikaattoreiden valinnan kirjallisuuden avulla. Tämän jälkeen käsittelen fokusryhmäkeskustelun ja sähköisen kyselylomakkeen tulokset ja selitän, kuinka muokkasin indikaattoreita niiden avulla. Lopuksi näytän lopullisen validoidun indikaattorilistan.

4.1 Alustava indikaattorilista

Ennen fokusryhmäkeskustelua kehitin alustavan indikaattorilistan (taulukko 3) kirjallisuuskatsauksen avulla. Valitsin nämä indikaattorit, koska ne ottivat mielestäni kattavasti huomioon ilmatoriskin kolme osa-aluetta; hasardi, altistuminen ja haavoittuvuus. Muodostin 17 indikaattoria, jotka jaoin kuuden teeman alle. Näiden teemojen avulla pyrin ottamaan huomioon sekä ilmatoriskin osa-alueet että mahdollisimman hyvin Helsingin kaupungin toiminnan kannalta tärkeimmät kohteet, joihin helleaallot ja lämpösaarekeilmiö vaikuttavat.

Taulukko 3. Alustava indikaattorilista ja perustelu valinnalle

Teema	Indikaattori	Perustelu
<i>Sosiaalinen haavoittuvuus</i>	1. Aukkaiden määrä, joilla on terveystakuutus	Resurssien puute voi vaikuttaa myös terveystakuutuksen saantiin, jolla voidaan varmistaa muun muassa taloudellinen turva kohdatessa ilmastoriskejä (Knights ja Vurdubakis 1993). Ks. luku 2.1
	2. Vanhusten määrä riskialueella	Vanhukset ovat eniten vaarassa helteiden aikaan (Bi ym. 2011). Ks. luku 2.1, 2.2
	3. Sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen ja näiden alueiden vertaaminen ympäristötekijöihin	Alueelliset sosiaaliset olosuhteet vaikuttavat ilmastoriskin suuruuteen ja terveystaikutusten määrään. (Wilhelmi ja Hayden 2010; Romero-Lankao ym. 2012) Ks. luku 2.1
<i>Infrastrukturi</i>	4. Viileiden pintojen määrä kaupunginosassa	Hyvin heijastuvat materiaalit ovat kustannustehokkaita, ympäristöystävällisiä ja tehokasta passiivista tekniikkaa. Ne edistävät rakennusten energiatehokkuuden saavuttamista vähentämällä jäähdytyksen tarvetta ja parantamalla kaupunkien mikroilmastoa alentamalla pinnan ja ilman lämpötilaa (Santamouris, 2011). Ks. luku 2.3
	5. Asuntojen/toimitilojen määrä, joissa ei ole viilennyslaitetta	Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa merkittäviä ongelmia kehon lämmönsäätelyyn, mistä voi seurata ihmiselle epämukavuutta ja jopa terveystaara (Kleerekoper ym. 2011) On tärkeää siis huolehtia myös sisätilojen sopivasta lämpötilasta. Ks. luku 2.1, 2.2

	6. Asuntojen/toimitilojen määrä, joissa on kaukojäähdytys/mahdollisuus siihen	Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa merkittäviä ongelmia kehon lämmönsäätelyyn, mistä voi seurata ihmiselle epämukavuutta ja jopa terveysvaara (Kleerekoper ym. 2011) On tärkeää siis huolehtia myös sisätilojen sopivasta lämpötilasta. Ks. luku 2.1, 2.2
<i>Sinivihreä infrastruktuuri</i>	7. Viherkattojen määrä kaupunginosassa	Kattojen tai julkisivujen peittäminen kasvillisuudella viilentää lämpötilaa rakennuksen sisällä ja kaupunkiympäristössä (Yukihiro, 2006) Ks. luku 2.3
	8. Viheralueiden määrä kaupunginosassa	Kasvillisuus jäähdyttää ympäristöä aktiivisesti haihduttamalla, transpiraatiolla ja varjostamalla pintoja kuten asfalttia (Schmidt, 2006) Ks. luku 2.3
	9. Viherseinien määrä kaupunginosassa	Kattojen tai julkisivujen peittäminen kasvillisuudella viilentää lämpötilaa rakennuksen sisällä ja kaupunkiympäristössä (Yukihiro, 2006). Ks. luku 2.3
	10. Vesialueiden määrä kaupunginosassa	Veden keskimääräinen jäähdytysvaikutus on 1–3 °C, ja se voi viilentää lämpötilaa haihtumisen kautta. Suuren vesimassan avulla voidaan absorboida lämpöä, joka toimii lämpöpuskurina, ja liikkuva vesimassa kuten joki voi siirtää lämpöä pois alueelta (Kleerekoper, 2011). Ks. luku 2.3
	11. Puiden määrä kaupunginosassa	Aurinkoisena päivänä yhden puun haihdutus jäähdyttää 20–30 kW:n teholla, joka on verrattavissa yli 10 ilmastointilaitteen tehoon (Kravcik ym. 2007). Ks. luku 2.3

<i>Ympäristön tila</i>	12. Typendioksidipitoisuus kaupunginosassa	Kaupunkien ilman saastuminen absorboi ja päästää uudelleen pitkäaaltoista säteilyä kaupunkiympäristöön (Kleerekoper ym. 2011) Ks. luku 2.2
	13. Lämpötilaerot kaupunginosien välillä	Lämpösaarekeilmiö lisää lämpöaallon voimakkuutta ja kesto kaupunkiympäristössä. On myös havaittu, että lämpöaaltojen vaikutukset ihmisiin ovat erilaisia kaupungin eri alueilla (Buechley ym. 1972). Ks. luku 2.2, 2.3
	14. Ilmankosteus ja lämpötila kaupunginosissa	Korkea ilmankosteus lisää helteen tukaluutta (THL, 2020) Ks. luku 2.2, 2.3
	15. Rakennusten kattojen lämpötila	Rakennusten ulko-osan materiaaleilla on suuri merkitys kaupunkien lämpötasapainoon. Ne absorboivat auringon säteilyä nostaen ympäristön lämpötilaa (Santamouris, 2011). Ks. luku 2.3
<i>Politiikkatoimet</i>	16. Kaupungin rahallinen panos asiaan X	Kaupunkien tulisi budjetoinnillaan tukea kestäväää kehitystä, kuten sopeutumista ilmastonmuutoksen aiheuttamiin haasteisiin. (Berg ym. 2019) Ks. luku 2.1
<i>Viestintä</i>	17. Varhaisvaroitusjärjestelmien määrä	Haavoittuvuuteen liittyy myös riskiviestinnän puute; asianmukaisen tiedon puute voi johtaa väärin riskikuvauksiin (Birkmann ja Fernando, 2008) Ks. luku 2.1

4.2 Fokusryhmäkeskustelun tulokset

Muokkasin fokusryhmäkeskustelusta tehdyn sisältöanalyysin jälkeen indikaattorilistan indikaattoreita tarkemmiksi. Keskustelua käytiin kuitenkin hyvin yleisellä tasolla ja keskusteluun käytettävä aika oli liian lyhyt, jotta keskustelussa olisi päästy syvemmin yksityiskohtiin. Tämän takia muutin keskustelun sisällön avulla vain kahden indikaattorin muotoa. Keskustelu auttoi kuitenkin ymmärtämään paremmin, mitä asioita kaupungin asiantuntijat kokevat tärkeiksi, missä on kehitettävää ja millaisia projekteja kaupungilla on käynnissä lämpösaarekeilmiöön ja helteisiin liittyen. Esittelenkin näitä asioita alla. Fokusryhmäkeskustelun avulla muutetut indikaattorit ja selitys muutokselle on esitetty taulukossa 4. Käyn seuraavaksi läpi fokusryhmäkeskustelun tulokset käytettyjen koodien avulla. Käsittelen jokaisen koodin sisällön yksitellen. Väliotsikko on indikaattorilistan teema, jota koodi koskettaa ja sulkeissa lukee käytetty koodi.

Sosiaalinen haavoittuvuus (Sosiaalinen haavoittuvuus)

Osallistujien mukaan lämpösaarekeilmiö on voimakkain keskustan alueella. Vaikka haavoittuvuuskartta näyttää, että sosiaalinen haavoittuvuus on pienintä keskustassa, niin alueen sairaalat on otettava huomioon. Yksi osallistuja pohti, miten kesäajan korkeiden lämpötilojen hallintaa kannattaisi tehdä ja kehen kohdistaa. Jos alueella on vanhusten palvelutaloja tai sairaaloita, niin niihin tulisi keskittyä ensisijaisesti.

Sosiaalinen haavoittuvuus (Vanhusten määrä riskialueella)

Moni osallistujista totesi, että ihmiset jotka eivät pääse itsenäisesti liikkumaan kotona, ovat varmasti oleellisin ryhmä kaikista, koska heillä ei ole välitöntä turvaa tai ihmistä joka olisi jatkuvasti tarkistamassa heidän vointiaan. Vanhusten määrä riskialueella on hyvin yleistasonen kuvaaja, mutta kaikki vanhukset eivät ole omaan kotiinsa sidottuja. Kotihoidossa on muitakin ihmisiä kuin vanhuksia.

Infrastruktuuri (Viilennys)

Suurin osa osallistujista totesi, ettei ole tarkoituksenmukaista, että kaikkialla olisi viilennyslaitteita, ja se, mitä viilennyslaitteella tarkoitetaan, tulisi selventää. Helsingissä ollaan teettämässä konsulttiselvitystä seniorikeskusten jäähdytysmahdollisuuksista muilla keinoilla, koska on mahdollista, ettei koneellista jäähdytystä tarvita. Tulisi pohtia, miten olemassa oleviin rakennuksiin voidaan keksiä järkeviä tekniikoita ilmastomuutoksen kannalta. Yksi osallistuja kertoi, että kaupunki tulee käsittelemään, mihin pelkkä läpituuletus tai ikkunoiden suojaus riittää.

Sinivihreä infrastruktuuri (Viherrakenteet)

Osa keskusteluun osallistuneista kertoivat, että viherkattoja on haluttu jo pitkään lisätä Helsingissä, mutta niiden rakentaminen on ollut hyvin hidastempoista. Kaavoituksissa on usein viherkattosuosituksia, mutta näitä suosituksia toteutetaan hyvin harvoin. Viherkattoja pidetään rakennuslallalla riskirakenteena, minkä takia alalla suositaan mieluummin viheralueita, vesialueita ja puita. Muutama osallistuja totesi, että viherkatoista olisi saatava enemmän tietoa. Katoille esimerkiksi kerääntyy runsaasti vettä, ja viherkatto kokonaisuudessaan painaa paljon. Kuinka tällainen paino vaikuttaa rakennukseen? Viherkatot tulisi tämän takia suunnitella todella huolellisesti, että vesi ei kulkeutuisi rakenteisiin. Osataanko viherkattoja suunnitella ja toteuttaa niin, ettei vahinkoja tapahdu?

Yksi osallistuja kertoi myös, että monta vuotta olleita viherkattoja voitaisiin seurata. Näin nähtäisiin, miten hyvin ne ovat toimineet.

Sinivihreä infrastruktuuri (Sininen infrastruktuuri)

Yksi osallistuja kertoi, että Espooseen kaivattaisiin hulevesiohjelman rinnalle lämpötilan ja ilmaston käsittelyä. Asiaa on käsitelty ja pohdittu paljon, mutta kokonaisvaltaisempaa suunnittelua on tehty enemmän tulvatarpeita varten. Tulisi ottaa laajemmin huomioon se, mikä on veden rooli kaupunkiympäristössä – myös tämä viilentävä ja ekologinen rooli. Tässä oli kaikkien osallistujien mielestä paljon parantamisen varaa ja asiaa tulisi käsitellä.

Sinivihreä infrastruktuuri (Viheralueet)

Kukaan keskusteluun osallistuneista ei kokenut viheralueita ja niiden seuranta ongelmalliseksi. Niitä kaivattaisiin enemmän, mutta esteenä on yhden osallistujan mukaan muun muassa raha. Sen sijaan viheralueita vähennetään kiihtyneen rakentamisen takia. Viheralueisiin ja niiden seurantaan tulisikin osallistujien mukaan kiinnittää enemmän huomiota. Eräs osallistuja kertoi, että viherkertoimen avulla on koitettu lisätä viheralueita, ja viheralueita on pyritty saamaan tonteille.

Ympäristön tila (Ympäristön tila)

Keskusteluun osallistuneet toivoivat, että Helsingissä ja Espoossa voitaisiin aloittaa lämpötilan seuranta usean mittauspisteen avulla, mitä on tehty esimerkiksi Turussa.

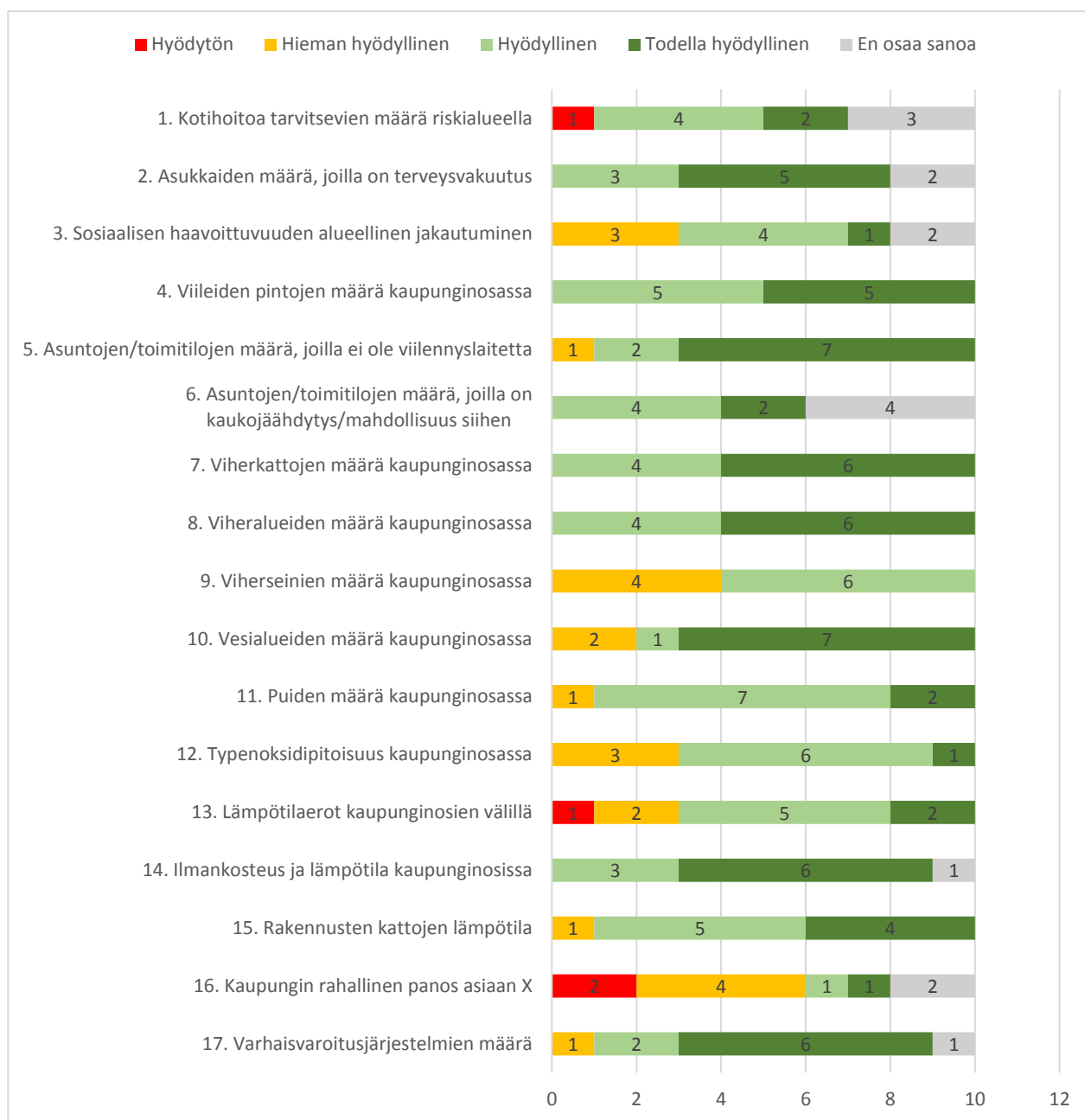
Taulukko 4. Fokusryhmäkeskustelun jälkeen muuttuneet indikaattorit ja syy muutokselle

Indikaattori ennen työpajaa	Indikaattori työpajan jälkeen	Syy muutokseen
2. Vanhusten määrä riskialueella	2. Kotihoitoa tarvitsevien määrä riskialueella	Kaikki vanhukset eivät ole huonokuntoisia tai sidottuna koteihinsa. Kotihoidossa on muitakin ihmisiä kuin vanhuksia.
3. Sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen ja näiden alueiden vertaaminen ympäristötekijöihin	3. Sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen	Indikaattori koetaan selkeämmäksi tässä muodossa ja sitä on helpompi mitata.

4.3 Indikaattorilistan kehittäminen kyselyn avulla

Sähköiseen kyselytutkimukseen vastasi kymmenen henkilöä, jotka olivat pääosin ympäristötoimesta, tekniseltä toimialalta sekä sosiaali- ja terveystoimesta. Kyselyn vastausten perusteella kaupungin asiantuntijat kokivat indikaattorit 1, 4, 8, 10, 11 ja 13 todella hyödyllisiksi (Kuva 3). Eniten en osaa sanoa -vastauksia (40 %) sai indikaattori 12 eli typendioksidipitoisuus kaupunginosassa. Avoimien vastausten perusteella kyselyyn vastanneilla ei ollut tarpeeksi tietoa siitä, kuinka typendioksidit vaikuttavat kaupunkien lämpösaarekeilmiöön. Vain indikaattorit 1, 13 ja 16 koettiin parin vastaajan mielestä ”hyödyttömiksi”.

Avovastaukset sisälsivät lähinnä indikaattorin spesifiointia siten, että indikaattori olisi selkeämpi ja toimivampi käytännössä. Ne auttoivat myös ottamaan huomioon tarkemmin juuri Helsingin sopeutumisen tarpeet ja mahdollisuudet. Indikaattorit 1 ja 5 saivat avovastauksissa kritiikkiä ja niiden tarpeellisuutta pohdittiin. Vastauksissa ei ollut paljoakaan hajanaisuutta ja vastaajat kokivat useimmiten samat indikaattorit joko hyödyllisiksi tai olivat epävarmoja indikaattorin toimivuudesta.



Kuva 3. Likert-asteikon vastausten jakautuminen kyselylomakkeen indikaattoreihin

Kyselyn avulla muokkasin indikaattorilistan lopulliseen muotoonsa. Käsittelin jokaisen avoimen vastauksen sisällön taulukossa 5, johon olen myös liittänyt Likert-vastausten keskiarvon. Kyselyn avulla muokkasin 11 indikaattoria ja poistin kokonaan yhden indikaattorin. Kuvaan taulukossa indikaattorit, joita kyselyyn osallistuneet ovat kommentoineet, avoimet vastaukset ja lopulliseen muotoonsa muokatut indikaattorit. Lopullinen valmis indikaattorilista on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 5. Avoimet vastaukset, Likert-vastauksien keskiarvo (sarake KA) ja näiden vaikutus indikaattorin lopulliseen muotoon

KOMMENTOITU INDIKAATTORI	KA	AVOIN VASTAUS	LOPULLINEN INDIKAATTORI
1. Aukkaiden määrä, joilla on terveysvakuutus	2.12	Avoimissa vastauksissa ei nähty tavoiteltavana tilannetta, jossa haavoittuvuutta kuvataan yksityisten vakuutusten määrällä. Indikaattori koettiin epäolennaiseksi eikä sen tarkoitusta aivan ymmärretty. Vastaukset varmistivat sen, että indikaattori ei ole käyttökelpoinen ja poistettiin lopulliselta indikaattorilistalta.	<i>Poistettiin</i>
2. Kotihoitoa tarvitsevien määrä riskialueella	3.55	Avoimissa vastauksissa pyydettiin määrittelemään tarkemmin kotihoitoa tarvitseva. Vastajat ehdottivat myös muokkaamaan indikaattorin kirjoitusmuotoa, niin että se olisi eksaktimpi eikä jättäisi tulkinnan varaa, kuka on ”kotihoitoa tarvitseva”. Vastauksissa myös pohdittiin, voisiko tätä peilata kunkin alueen terveydenhuollon resursseihin ja tarkastella, onko jollain alueella paljon kotihoitoa tarvitsevia tai pienillä resursseilla toimiva terveydenhuolto, jonka palveluihin kotihoito nojaa.	Kotihoidossa olevien määrä riskialueella
3. Sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen	3.3	Avoimissa vastauksissa huomautettiin, että sosiaaliseen haavoittuvuuteen kuuluu ulkoinen ja sisäinen haavoittuvuus. Indikaattorissa tulisi tulla ilmi nämä molemmat aspektit eli indikaattoria tulisi tarkastella erilaisten ryhmitysten kautta. Sisäinen haavoittuvuus sisällyttää terveyden ja ulkoisen tulotason, koulutuksen, asumismuodon. Indikaattori koettiin myös hyvin hyödylliseksi ja se auttaisi paikkatietona esitettynä toimenpiteiden suunnittelussa ja kohdentamisessa.	Sisäisen (esim. ikä ja terveys) ja ulkoisen (esim. tulotaso, koulutus, asumismuoto) sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen
4. Viileiden pintojen määrä kaupunginosassa	3.66	Vastajat kaipasivat tarkennusta siihen, voidaanko viileiden pintojen määrä tulkita kartta-aineistosta tai ilmakuvista. Määrän sijaan tai sen lisäksi tulisi harkita riittävän suurten viileiden pintojen esittämistä paikkatietona. Pelkkä viileiden pintojen määrä tulisi suhteuttaa jollain lailla alueen kokoon tai esim. asukkaiden määrään.	Viileiden pintojen määrä suhteutettuna kaupunginosan asukkaiden määrään
5. Asuntojen/toimitilojen määrä, joilla ei ole viilennyslaitetta	2.8	Avoimissa vastauksissa huomautettiin, että viilennyslaitteiden puute ei välttämättä kerro siitä, että kyseinen asunto tai toimitila olisi ongelmallinen helteillä. Viilennyslaitteet kuluttavat energiaa ja voivat myös paikallisesti voimistaa lämpösaarekeilmiötä, joten tämä ei toimisi kestävä kehityksen	Huoneistojen/työhuoneiden määrä, jotka ovat vaarassa ylittää sallitut lämpötilatasot ja joissa ei ole viilennyslaitetta

		tavoitteiden mukaisesti. Asunnot tai toimitilat joissa sisälämpötila ylittää 32 (tai 28 astetta), kun ulkolämpötila on yli 25 astetta, olisi paremmin altistuksesta kertova indikaattori. Vastaajien mielestä ensisijaisesti tulisi pyrkiä estämään tilojen lämpeneminen passiivisilla keinoilla ja vasta sitten jäähdyttää. Kaikilla pitäisi olla mahdollisuus päästä pitkän hellejakson tullen johonkin viilentymään.	
6. Asuntojen/toimitilojen määrä, joissa on kaukojäähdytys/mahdollisuus siihen	2.8	Avoimissa vastauksissa oltiin sitä mieltä, että tämä indikaattori tulisi supistaa niin, että siinä tarkasteltaisiin kaukojäähdytyksessä olevien toimitilojen määrää kaukojäähdytysalueella. Keskitettyä jäähdytystä pidettiin kuitenkin järkevämpänä ratkaisuna kuin erillisiä laitteita.	Huoneistojen/toimitilojen määrä, joilla on kaukojäähdytys tai mahdollisuus siihen
7. Viherkattojen määrä kaupunginosassa	3.1	Viherkattojen määrän kehittyminen koetaan vastaajien keskuudessa erittäin tärkeäksi ja hyödylliseksi indikaattoriksi. Heidän mielestään myös vihreiden pintojen osuutta olisi mielenkiintoista tutkia kaupunginosissa.	<i>Ei muutoksia</i>
8. Viheralueiden määrä kaupunginosassa	3.5	Vastaajat kokevat termin ”viheralue” hankalaksi, joten tulisi pohtia uutta muotoilua, kuten ”kasvillisuuden peittämä alue”, tämän voisi esittää suhteessa rakennettuun tai vettä läpäisemättömään pinta-alaan sekä hyödyntää paikkatietoa tässä yhteydessä. Laajuutta voisi tarkastella niin, että verrattaisiin yksittäisiä puita puistoalueisiin. Indikaattori voisi myös sisältää muutamia kokoluokkia.	Kasvillisuuden peittämän alueen määrä suhteessa vettä läpäisemättömään pinta-alaan kaupunginosassa
9. Viherseinien määrä kaupunginosassa	2.6	Viherseinien seuranta jakoi vastaajissa paljon mielipiteitä. Osan mielestä se on tällä hetkellä hieman marginaalinen ja että se ei ole vielä välttämättä hyödyksi. Viherseinien seuranta koettiin kuitenkin monen vastaajan mielestä hyödylliseksi ja se olisi hyvä aloittaa nopeasti. Tämä indikaattori olisi myös hyvä esittää paikkatietona. Ehdotettiin myös, että tämän voisi sisällyttää viherkattoihin, sillä erillisellä tarkastelulla ei välttämättä ole lisäarvoa.	<i>Ei muutoksia</i>
10. Vesialueiden määrä kaupunginosassa	3.6	Vastaajien mielestä vesialueet tulisi luokitella ja määritellä. Lisäksi on otettava huomioon muun muassa syvyys ja pinta-ala.	<i>Ei muutoksia</i>
11. Puiden määrä kaupunginosassa	3.6	Vastaajat kokevat, että puiden lukumäärä tulisi suhteuttaa kaupunginosan pinta-alaan, jotta sitä voidaan vertailla muiden kaupunginosien kanssa ja analysoida hulevesitulvia/lämpösaarekeilmiötä. Lisäksi olisi hyvä kehittää indeksi, joka ottaa huomioon puun koon.	Puiden määrä suhteutettuna pinta-alaan kaupunginosassa

12. Typendioksidipitoisuus kaupunginosassa	3.33	Avoimissa vastauksissa sanottiin, että ilmanlaadun yhteisvaikutus yhdessä lämpösaarekeilmiön kanssa voi olla paljon suurempi kuin pelkän lämpenemisen seurauksena. Tyypidioksidi on vain yksi ilmansaaste, merkittävämpiä ovat hiukkaset, etenkin pienhiukkaset (PM 2.5). Myös otsoni on tärkeä, mutta Suomessa pitoisuudet ovat pieniä.	Ilmansaasteiden pitoisuudet kaupunginosassa kesäaikaan
13. Lämpötilaerot kaupunginosien välillä	3.6	Tämä indikaattori ei saanut avoimia vastauksia. Indikaattori koettiin Likert-asteikolla todella hyödylliseksi (70 %), hyödylliseksi (20 %) ja hieman hyödylliseksi (10 %). Indikaattori lienee selkeä ja helposti toteutettavissa, joten on mahdollista, että tämän takia asiaan ei koettu tarvittavan kirjoittaa tarkentavia kysymyksiä tai kritiikkiä	<i>Ei muutoksia</i>
14. Ilmankosteus ja lämpötila kaupunginosissa	3.5	Avoimissa vastauksissa todettiin, että ilmankosteus ja lämpötila voisivat olla omat indikaattorinsa mutta toisaalta myös niiden yhteisvaikutus on merkittävä.	<i>Ei muutoksia</i>
15. Rakennusten kattojen lämpötila kaupunginosissa	2.75	Vastausten mukaan rakennusten kattojen lämpötilan voisi ottaa osaksi lämpösaarekemallinnusta, mutta toisaalta toisissa vastauksissa todettiin, että asia ei ole Suomessa merkittävä paitsi yksittäisissä kohteissa joissa kattojen lämpöeristys on erittäin heikkoa.	<i>Ei muutoksia</i>
16. Kaupungin rahallinen panos asiaan x	3.62	Vastausten perusteella tämä kuvastaa sitä, kuinka vakavasti asia otetaan, voi kuitenkin olla vaikea erotella. Voitaisiin laskea kaupungin vuosittaiset investoinnit ja käyttömenot lämpösaarekeilmiön torjumiseksi. Tässä olisi kuulemma kehittämisen tarvetta ympäristötilinpidossa.	Kaupungin vuosittaiset investoinnit ja käyttömenot lämpösaarekeilmiön torjumiseksi
17. Varhaisvaroitustarjelmien määrä	3	Avoimien vastausten mukaan suuri määrä ennakkovaroitustarjelmia ei liene tarkoituksenmukaista, mutta ennemminkin indikaattorissa voisi seurata, kuinka monta asukasta tietty järjestelmä tavoittaa.	Asukkaiden osuus, jonka varhaisvaroitustarjelmalla tavoittaa

Taulukko 6. Lopullinen indikaattorilista kyselylomakkeen jälkeen

Teema	Indikaattori
Sosiaalinen haavoittuvuus	1. Kotihoidossa olevien määrä riskialueella 2. Sisäisen (esim. ikä ja terveys) ja ulkoisen (esim. tulotaso, koulutus, asumismuoto) sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen
Infrastruktuuri	3. Viileiden pintojen määrä suhteutettuna kaupunginosan asukkaiden määrään 4. Huoneistojen/työhuoneiden määrä, jotka ovat vaarassa ylittää sallitut lämpötilatasot ja joissa ei ole viilennyslaitetta 5. Huoneistojen/toimitilojen määrä, joilla on kaukojäähdytys tai mahdollisuus siihen
Sinivihreä infrastruktuuri	6. Viherkattojen määrä kaupunginosassa 7. Kasvillisuuden peittämän alueen määrä suhteessa vettä läpäisemättömään pinta-alaan kaupunginosassa 8. Viherseinien määrä kaupunginosassa 9. Vesialueiden määrä kaupunginosassa 10. Puiden määrä suhteutettuna pinta-alaan kaupunginosassa
Ympäristön tila	11. Ilmansaasteiden pituisuudet kaupunginosassa kesäaikaan 12. Lämpötilaerot kaupunginosien välillä 13. Ilmankosteus ja lämpötila kaupunginosissa 14. Rakennusten kattojen lämpötila
Politiikkatoimet	15. Kaupungin vuosittaiset investoinnit ja käyttömenot lämpösaarekeilmiön torjumiseksi
Viestintä	16. Asukkaiden osuus, jonka varhaisvaroitussjärjestelmä tavoittaa

5. Tulosten tarkastelu

Tässä luvussa liitän tutkimukseni tulokset teoreettiseen taustaan ja analyttiseen viitekehykseen, pohdin niiden välisiä yhteyksiä ja tulosten hyödyntämisen mahdollisuuksia. Lisäksi käsittelen tämän tutkimuksen mahdollisia heikkouksia.

Fokusryhmäkeskustelu ja kyselyn avovastaukset auttoivat minua paremmin ottamaan huomioon indikaattoreiden kehityksessä Berrang-Fordin ja Fordin (2016) johtavat periaatteet sopeutumisen seurantaan. Nämä neljä periaatetta (johdonmukaisuus, vertailukelpoisuus, kattavuus ja yhtenäisyys) on erityisen tärkeää muistaa silloin, kun sopeutumisen edistymistä halutaan tarkkailla ajan kuluessa, sitä halutaan vertailla eri kaupunkien välillä, pyritään sopeutumisen järjestelmälliseen seurantaan ja menetelmiä ohjaavat empiiriset tutkimustekniikat ja halutaan kehittää sellaisia mitattavia indikaattoreita, jotka heijastavat sopeutumista. (Berrang-Ford ja Ford 2016) Helsingin tulisi lähitulevaisuudessa päättää mihin ilmatoriskeihin kaupunki haluaa sopeutua ja kehittää näille hasardeille sopeutumisen seurannan indikaattorijärjestelmä. Kaupungin päättäessä mihin ilmatoriskeihin kannattaa sopeutua tulevaisuudessa, olisi heidän hyvä hyödyntää ilmastoskenaarioita. Indikaattoreiden kehitysvaiheessa olisi mielestäni myös hyvä olla karkeasti jaoteltuna kaksi ryhmää. Ensimmäinen ryhmä tekisi tutkimusta indikaattoreista ja kehittäisi listan indikaattoreita valituille hasardeille, toinen ryhmä olisi vastuussa indikaattoreiden käytäntöön panosta, mitkä indikaattorit ovat esimerkiksi mahdottomia toteuttaa? Indikaattoreiden kehitysvaiheessa ja käyttäessä niitä seurantaan, olisi myös tärkeää vertailla täyttävätkö ne Berrang-Fordin ja Fordin (2016) sopeutumisen periaatteet. Näin tuloksia olisi helpompi vertailla esimerkiksi muiden kaupunkien kanssa. Vertailevuuden kannalta on myös erityisen tärkeää ottaa huomioon sopeutumisen menetelmien läpinäkyvyys. (Berrang-Ford ja Ford 2016)

Jotta Berrang-Fordin ja Fordin (2016) seurannan neljä johtavaa periaatetta voivat varmasti toteutua, on tärkeää seurata, raportoida ja arvioida sopeutumisen seurannan kehitystä iteratiivisesti MRE:n periaatteiden mukaisesti. (Ford ym. 2019) MRE:n tulisi olla mukana kaikessa sopeutumisen seurannan kehityksessä kaupungeissa. MRE:n toteuttaminen on erityisen tärkeää esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, joissa sopeutumisen sopimukseen kuuluu määrätyn väliajoin tarkistusjakso. Tämä edellyttää systemaattisia menetelmiä sopeutumisen edistymiseksi ja arvioimiseksi eri kaupunkien/maiden tilanteissa. (Ford ym. 2019)

MRE ja seurannan neljä periaatetta on otettu huomioon tämän työn indikaattoreiden kehityksessä, niin että valitut indikaattorit on pyritty valitsemaan niin, että niitä olisi helppo kehittää ja seurata kaupungissa. Ne pyrkivät myös olemaan selkeitä ja vertailukelpoisia, joka edesauttaa niiden

raportointia. Näiden ominaisuuksien varmistamiseksi indikaattorit tulisivat kuitenkin ottaa käyttöön kaupungilla ja seurata niiden toimimista käytännön tasolla. Erityisen merkittävää olisi, jos Suomessa vähintään kaksi kaupunkia ottaisivat saman indikaattorijärjestelmän käyttöönsä ja vertailisivat prosessia keskenään. Näin voitaisiin muun muassa tarkistaa indikaattoreiden johdonmukaisuus ja vertailukelpoisuus.

Asiantuntijoiden kommentit yhdessä Fordin periaatteiden kanssa auttoivat minua muokkaamaan indikaattoreista spesifimpiä, johdonmukaisempia ja vertailukelpoisempia. Tutkimuksessani ilmeni myös, että aiheet jotka koettiin kirjallisuudessa erityisen tärkeiksi, kuten puiden ja puistojen merkitys, koettiin myös keskustelussa ja kyselyn vastauksissa hyvin merkittäviksi ja positiivisiksi sopeutumisen keinoiksi. Yleisesti ottaen kirjallisuus ja tutkimuksessa mukana olleet asiantuntijat kokivat viheralueet tärkeiksi ja toimivimmiksi ratkaisuiksi kaupungissa. (Schmidt 2006) Tämä on kuitenkin ristiriidassa nopeutuvan kaupungistumisen ja rakennusten tihentyvän rakentamisen kanssa, koska nämä vievät tilaa viheralueilta. Myös sosiaalisesti haavoittuvien ihmisten ja alueiden sopeutumisen kehittämisen tärkeys nousi esiin niin kirjallisuudessa (Cutter ja Finch 2008) kuin keskustelussa ja kyselyssä. Ensimmäisijaisesti tulisi kehittää haavoittuvassa asemassa olevien, kuten vanhusten sopeutumiskykyä, koska helteet aiheuttavat heille tutkimusten mukaan merkittävimpiä terveyshaittoja. (Bi ym. 2011). Keskustelussa ja vastauksissa oli siis monipuolisesti otettu huomioon sosiaalinen haavoittuvuus, viherinfrastruktuurin kriittinen tarkastelu ja kysymysten asettelun parantelu, niin että indikaattorit olisivat johdonmukaisempia.

Monet asiantuntijoiden vastaukset olivat spesifimpiä kuin kirjallisuuden avulla saatu tieto ja sisälsivät tietoa juuri Helsingin sopeutumisen kehityksen tarpeista. Tämä oli erityisen tärkeää indikaattoreita validoidessa, koska pelkästään kirjallisuuden avulla en pystynyt ottamaan tarpeeksi hyvin huomioon juuri Helsingin tarpeita ja ongelmakohtia. Tämän takia indikaattoreiden kehityksessä validointiprosessi on erityisen tärkeä, koska sen avulla indikaattoreista saadaan paremmin kaupungin sopeutumisen seurantatyöhön soveltuvia ja spesifimpiä.

Työni on tärkeä askel kohti monipuolisempaa sopeutumisen seurantaa. Nykyisen ilmastonmuutokseen sopeutumisen vähäisen arvioinnin takia onkin todella tärkeää, että tällaisia tutkimuksia tehtäisiin tulevaisuudessakin ja että ilmastonmuutoksen myötä voimistuviin hasardeihin kehitettäisiin kattavia sopeutumista seuraavia indeksejä. Sopeutumisen kehittäminen on erityisen tärkeää, koska seuraamalla kaupunkeja ja niiden sopeutumista voidaan edesauttaa sopeutumisen onnistumista, vähentää ilmastoriskien vaikutuksia, lisätä tiedon leviämistä ja sopeutumiseen liittyvää positiivista kilpailua kaupunkien välillä (Surminski 2013, Chen ym. 2018). Sopeutumisen seuranta

antaa mahdollisuuden dokumentoida parhaat käytännöt, helpottaa niiden varhaista käyttöönottoa, edistää yhteistyötä eri toimijoiden välillä, kollektiivista kokeilua (Ford ym. 2011) ja mahdollistaa tiedon jakamisen siitä, mikä toimii, missä ja miksi. (Ford 2019)

Seurannan tärkeydestä huolimatta hyvin harva tutkimuksista keskittyy sopeutumisen seurantaan ja tämä näkyy hajanaisena käsityksenä sopeutumisen tilasta, etenkin globaalilla tasolla. Tämä johtuu osin siitä, ettei ole selkeitä mitattavia tuloksia tai indikaattoreita, joilla voitaisiin seurata, tapahtuuko sopeutumista ja miten. Tähän johtaa muun muassa hankaluudet määrittää, miltä sopeutuminen käytännössä näyttää. (Berrang-Ford ym. 2011, Ford ym. 2011, Gagnon-Lebrun ja Agrawala 2007, Preston ym. 2009) Lisäksi sopeutumisen tehokkuus ei välttämättä ole ilmeinen vuosikymmenienkään aikana ja se riippuu epävarmoista tulevaisuuden ilmasto- ja sosioekonomisista olosuhteista (Adger ym. 2005, Brooks ym. 2011, Villaneuva 2011, Lamhauge ym. 2012, Ford ja King 2013).

Koska tulevaisuuden ilmasto- ja sosioekonomiset olosuhteet ovat hyvin epävarmoja, jaoin työni indikaattorilistan teemoihin, jotka ottavat huomioon ilmastoriskien kolme osa-aluetta; hasardin, altistumisen ja haavoittuvuuden. (IPCC 2014) Ottamalla huomioon ilmastoriskin kaikki osa-alueet, pyrin kattavaan sopeutumisen kehittämiseen. Indikaattorilistani kattavuus ja toimivuus käytännössä voidaan varmistaa pidemmällä aikavälillä hyödyntämällä esimerkiksi Berrang-Fordin ja Fordin (2016) viitekehystä (taulukko 1), jolla pystytään tutkimaan, onko indikaattoreista ollut hyötyä, ovatko ne edistäneet sopeutumista kaupungissa, kuinka haavoittuvuus on muuttunut kaupungissa, mitä muutoksia/tuloksia on tapahtunut sopeutumistoimissa ja vastaavatko sopeutumistulokset kaupungin tavoitteita. Toimivuus varmistetaan siis vastaamalla viitekehyksen kysymyksiin ja jos johonkin viitekehyksessä olevaan kysymykseen ei voida vastata, niin indikaattoria ja sopeutumistoimintaa on muokattava jotenkin tai seurattava sopeutumista vielä pidempään. Pidemmällä aikavälillä tapahtuneen sopeutumisen seurannalla voidaan myös huomata, jos sopeutuminen onkin jostain syystä muuttunut haittasopeutumiseksi. (Juhola ym. 2016) Tämän viitekehyksen käyttö on erityisen tärkeää, koska pelkästään sopeutumistoimenpiteiden määrä ei välttämättä osoita edistymistä kohti sopeutuvampaa kaupunkia. (Berrang-Ford ja Ford 2016)

Tapaustutkimukseni on toistettavissa – esimerkiksi toisessa kaupungissa tai kontekstissa. Kirjallisuuden avulla löysin paljon tietoa lämpösaarekeilmiöstä ja siihen sopeutumisesta kaupungeissa. Suurin osa kirjallisuuden lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen keinoista on sovellettavissa Helsingin sopeutumisen seurantaan ja auttamaan sen kehityksessä. Sopeutumisen mahdollisuuksia rajasivat kuitenkin muun muassa Suomessa vallitseva ilmasto, joka vaikuttaa muun muassa materiaalivalintoihin ja viherinfrastruktuurin sovellettavuuteen vuodenaikavaihteluiden

takia. Tutkimukseni indikaattorilistaa on mahdollista käyttää muuallakin kuin Helsingissä, mutta kaupungilla on tällöin kuitenkin oltava selkeitä kaupunginosia ja tiheästi rakennettua asutusta, jotta indikaattorilistan jokainen indikaattori olisi siellä sovellettavissa. Indikaattorit ovat Suomessa mielestäni täysin sovellettavissa Helsingin seudulla, suurilla kaupunkiseuduilla, kuten Tampere, Turku, Oulu ja keskisuurilla kaupunkiseuduilla. En näe syytä, miksi listan indikaattoreita ei voisi myös soveltaa muissa maissa. Suurin osa työssäni käsiteltävästä lämpösaarekekirjallisuudesta ovat ulkomailla toteutettuja tutkimuksia, joiden avulla indikaattorit alustavasti kehitettiin Helsingille. Sopeutumisen seurantajärjestelmä onkin aina muistettava kehittää kohteen ominaisuuksien, ilmaston ja tulevaisuuden ilmastoskenaarioiden perusteella. Kehittämäni indikaattorit ovat vertailukelpoisia muiden kaupunkien välillä, mutta tällöin on muistettava ottaa aina huomioon kohdekaupungin ominaisuudet.

Myös tutkimukseni menetelmät (kirjallisuuskatsaus, fokusryhmäkeskustelu ja kysely) ovat täysin toteutettavissa uudestaan ja näitä menetelmiä voi hyödyntää minkä vain indikaattorilistan kehittämisessä, esimerkiksi NPCC:n (2015) viitekehystä seuraamalla. NPCC:n prosessi on mielestäni toimiva viitekehys indikaattoreiden kehittämiselle, koska se on hyvin systemaattinen ja helposti toteutettavissa minkä tahansa kaupungin sopeutumista seuraamista kehittävien indikaattoreiden kehityksessä. Viitekehys on myös iteratiivinen, mikä on tärkeää, sillä sopeutuminen ja sen seuranta vaatii jatkuvaa kehitystä ja tutkimusta. (NPCC 2015) Prosessi ottaa myös huomioon aiemman kirjallisuuden tutkittuun ilmiöön liittyen, mutta tarkentaa tietoa juuri kohdekaupungin tarpeisiin sopivaksi sidosryhmien tapaamisen avulla. NPCC:n prosessin kokonaisvaltainen toimivuus voidaan kuitenkin vasta sitten varmistaa, kun indikaattorit on otettu käyttöön ja viitekehyksen seitsemäs kohta on toteutettu käytännössä. Viitekehyksen seitsemäs prosessi on mahdollista toteuttaa, kun kaupunki on ottanut indikaattorijärjestelmän käytäntöön ja tekee arviointia, jatkuvaa tutkimusta ja pitää huolta sidosryhmien vuorovaikutuksesta.

Tutkimuksen luotettavuus olisi ollut parempi, jos työpajaan olisi tullut enemmän osallistujia ja keskustelulle olisi jätetty enemmän aikaa, näin olisi ehditty pohtimaan indikaattoreita paremmin. Olisi ollut myös hyvä alustaa aihetta työpajassa hieman laajemmin ja olla selkeämpi fokusryhmäkeskustelun tavoitteista. Lisäksi kyselylomakkeeseen vastanneita olisi voinut olla enemmän, jotta olisin saanut suuremman otannan ja ehkä enemmän kehittävää kritiikkiä indikaattoreihin liittyen. Tutkimusta olisi myös voitu parantaa kehittämällä laajempi seurannan viitekehys juuri Helsingille. Indikaattoreita olisi voitu tutkia pidemmälle ja selvittää kuinka niiden toiminta käytännössä toimisi, miten niitä mitattaisiin, missä aika-ikkunassa ja kuka olisi vastuussa niiden toteuttamisesta.

6. Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa vastasin tutkimuskysymykseen: *Millaisten indikaattorien avulla lämpösaarekeilmiöön sopeutumista voidaan seurata ja arvioida Helsingissä?* Valitsin lämpösaarekeilmiön työni tutkittavaksi ilmiöksi, koska Helsingin kaupunki kokee tähän ilmiöön sopeutumisen tärkeäksi ja ilmastonmuutoksen myötä lämpösaarekeilmiö tulee voimistumaan pidentyneiden ja kovempien helteiden takia. Tämä ilmenee kaupungeissa voimakkaampana lämpösaarekeilmiönä, joka voi aiheuttaa ihmisille terveysongelmia ja jopa kuoleman vaaran. Kirjallisuuden, fokusryhmäkeskustelun ja sähköisen kyselylomakkeen avulla kehitin 16 lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen seurannan indikaattoria. Nämä indikaattorit käsittelevät sopeutumista monipuolisesti ja ottavat huomioon sosiaalisen haavoittuvuuden, kaupungin infrastruktuurin, poliittiset toimet ja viestinnän. Valmis indikaattorilista on esitetty taulukossa 6.

Kirjallisuutta tutkimalla selvitin myös sopeutumispolitiikan keskeisimpiä periaatteita. Tutkimuksissa painotetaan sopeutumisstrategian systemaattisuuden ja vertailukelpoisuuden tärkeyttä. Jos kaupunki haluaa kehittää sopeutumisen seurantaansa, on heidän myös hyvä dokumentoida päätöksiä ja ohjelmia riittävän kattavuuden tutkimiseksi. Päätöksiä ja ohjelmia tulisi vertailla määritettyihin sopeutumisittoumuksiin, tavoitteisiin ja tarpeisiin nähden.

Tämän tutkimuksen indikaattoreiden kehitys ei vielä itsessään edistä kaupunkien sopeutumisen kehitystä toivottuun sopeutumisen tasoon, mutta se on kuitenkin tärkeä askel sopeutumisen seurannan kehittämisen prosessissa. Tämä työ antaa työkaluja kaupungille kehittää heidän sopeutumisen seurannan strategiaansa, joten tutkielmani on tärkeä osa seurannan kehitystä. Tärkeää olisi, että kaupunki jatkaisi sopeutumisen indikaattoreiden kehitystä ja työstäisi sopeutumisen seurantaa jatkuvasti ja systemaattisesti MRE:n periaatteiden mukaisesti. Kaupungin tulisi kehittää ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategiaansa niin, että se ottaisi laajemmin huomioon eri hasardit, niiden sopeutumisen seurannan ja hyödyntäisivät sopeutumisen seurannan viitekehystä, joka auttaisi johdonmukaiseen ja vertailukelpoiseen sopeutumiseen. On myös ilmeisen tärkeää selventää työntekijöiden ja toimialojen rooleja tässä kehityksessä. Helsingin kannattaisi myös tehdä laajemmin yhteistyötä yliopistojen ja korkeakoulujen kanssa kerätäkseen uutta tietoa ja kehittäkseen sopeutumistaan.

Tutkimuksellani on monia jatkotutkimustarpeita. Olisi tärkeää ottaa selvää millainen viitekehys olisi parhaiten sovellettavissa Helsingin sopeutumisen seurantaan ja olisiko mahdollista kehittää viitekehys jota voitaisiin käyttää kaikissa Suomen sopeutumisesta seuraavissa kaupungeissa? Tällöin voitaisiin paremmin vertailla sopeutumisen kehitystä kaupunkien välillä. Myös työni indikaattoreiden

konkreettista hyötyä tulisi kokeilla käytännössä, ottaa tämän työn indikaattorikokoelma käyttöön ja seurata sopeutumisen kehitystä sovitun ajanjakson ajan. Näin voitaisiin tutkia, tapahtuiko sopeutumisessa muutosta tämän aikavälin aikana. Tällainen samanlainen tutkimus olisi myös hyvä toistaa muillekin keskeisille hasardeille ja kehittää useita indikaattorikokoelmia tai indeksejä kattavamman sopeutumisen seurannan toteuttamiseksi.

7. Lähteet

- Akbari, H., Menon, S., Rosenfeld, A., 2009. Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO₂. *Climatic Change* 95
- Akbari, H., 2003. Measured energy savings from the application of reflective roofs in two small non-residential buildings. *Energy* 28 (9), 953–967.
- Adger, W. N., N. W. Arnell, and E. L. Tompkins. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15 (2):77-86.
- Adger, W.N., 2006: Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 268–281.
- Arnkil, N., Lilja-Rothsten, S., Juntunen, R., Koistinen, A. & Lahti, E. 2017. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen indikaattorit seurannan työkaluna. Tapion raportteja nro 17. (8.8.2019)
- Bankoff, G., 2004: The Historical Geography of Disaster: ‘Vulnerability’ and ‘Local Knowledge’ in Western Discourse. Earthscan, London, UK
- Barbour Rosaline, Doing Focus groups, 2007, s.1-3, SAGE Publications Ltd, London
- Barnett, J. and O’Neil, S. (2010) Maladaptation, *Global Environmental Change*, Vol. 20: 211—213.
- Berdahl, P., Akbari, H., Levinson, R., Miller, W.A., 2008. Weathering of roofing materials – an overview. *Construction and Building Materials* 22, 423–433.
- Berg, A., Lähteenoja, S., Ylönen, M., Korhonen Kurki, K., Linko, T., Lonkila, K., Lyytimäki, J., Salmivaara, A., Salo, H., Schönach, P., Suutarinen, I. 2019. POLKU2030 – Suomen kestävä kehityksen politiikan arviointi (19.3.2019)
- Berrang-Ford L, Ford, J. D, The 4Cs of adaptation tracking: consistency, comparability, comprehensiveness, coherency. *Mitig. Adapt. Strat. Gl.* 21, 839–859 (2016).
- Berrang-Ford, L., J. D. Ford, and J.Patterson. 2011. Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change* 21:25-33.
- Birkmann, J. and N. Fernando, 2008: Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka. *Disasters*, 32(1), 82-104.
- Birkmann, J., 2011: First and second-order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change. *Natural Hazards*, 58(2), 811- 840, doi: 10.1007/s11069-011-9806-8.
- Bi, P., Williams, S., Loughnan, M., Lloyd, G., Hansen, A., Kjellstrom, T., et al. (2011). The effects of extreme heat on human mortality and morbidity in Australia: Implications for public health. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 23(2 suppl), 27S–36S. <http://dx.doi.org/10.1177/1010539510391644>
- Bradford Kathryn, Abrahams Leslie, Hegglin Miriam and Klima Kelly, A Heat Vulnerability Index and Adaptation Solutions for Pittsburgh, Pennsylvania, s. 11304-11306, DOI: 10.1021/acs.est.5b03127 *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, 11303–11311
- Brooks, N., S. Anderson, J. Ayers, I. Burton, and I. Tellam. 2011. Tracking adaptation and measuring development. IIED Climate Change Working Paper No. 1. Climate Change Group, International Institute for Environment and Development (IIED), London, UK
- Buechley Robert W., JohnVan Bruggen, Lawrence E.Truppi, Heat island = death island? *Environmental Research* Volume 5, Issue 1, March 1972, Pages 85-92 [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(72\)90022-9](https://doi.org/10.1016/0013-9351(72)90022-9)
- Busato F., Lazzarin R.M., Noro M., Three years of study of the Urban Heat Island in Padua: Experimental results, *Sustainable Cities and Society* 10 (2014) 251–258, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2013.05.001>

- Cannon, T., 2006: Vulnerability analysis, livelihoods and disasters. In: Risk 21: Coping with Risks Due to Natural Hazards in the 21st Century [Ammann, W.J., S. Dannenmann, and L. Vulliet (Eds.)]. Taylor and Francis Group, London, UK, pp. 41-49.
- Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012: Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D.
- Chen, C., Hellmann, J., Berrang-Ford, L., Noble, I. & Regan, P. A global assessment of adaptation investment from the perspectives of equity and efficiency. *Mitig. Adapt. Strat. Gl.* 23, 101–122 (2018).
- Conti Susanna, Meli Paola, Solimini Renata, Toccaceli Virgilia, Vichi Monica, Carmen Beltrano, Perini Luigi, Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy, *Environmental Research* Volume 98, Issue 3, July 2005, Pages 390-399 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.10.009>
- Cutter, S.L. (ed.), 1994: Environmental Risks and Hazards. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Cutter, S.L. and C. Finch, 2008: Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2301-2306
- Cutter, S.L., L. Barnes, M. Berry, C. Burton, E. Evans, E. Tate, and J. Webb, 2008: A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18, 598-606.
- Dawson, T.P., S.T. Jackson, J.I. House, C.I. Prentice, and G.M. Mace, 2011: Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332, 53.
- Dickinson T, Burton I (2011) Adaptation to climate change in Canada: a multi-level mosaic. In: Ford JD, Berrang-Ford L (eds) *Climate change adaptation in developed nations: from theory to practice*. Springer, Dordrecht, pp 103–118
- Dovers S. (2009) Normalizing adaptation. *Glob Environ Chang* 19:4–6
- Dupuis J, Biesbroek R (2013) Comparing apples and oranges: the dependent variable problem in comparing and evaluating climate change adaptation policies. *Glob Environ Chang-Human Policy Dimens* 23:1476–1487.
- EEA, 2014, National adaptation policy processes in European countries – 2014, EEA Report No 4/2014, European Environment Agency, Copenhagen
- EEA, 2015, National monitoring, reporting and evaluation of climate change adaptation in Europe, EEA technical report, no 20/2015
- EEA, European Environment Agency 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. EEA Report No 12/2012 <http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012> (8.8.2019)
- EPA, 2009 Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Cool Roofs. <<http://www.epa.gov/hiri/resources/compendium.htm>>. (19.9.2019)
- Eriksson Päivi, Koistinen Katri, Monenlainen tapaustutkimus, Kuluttajatutkimuskeskus, julkaisu 4:2005, Maaliskuu 2005, s.1
- Eskola Jari, Suoranta Juha, Johdatus laadulliseen tutkimukseen, 1998, s. 1-3, s.80 – 90
- Ford, J. D., and D. King. 2013. A framework for examining adaptation readiness. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*.
- Ford, J. D., Berrang-Ford, L. & Patterson, J. A systematic review of observed climate change adaptation in developed nations. *Clim. Change Lett.* 106, 327–336 (2011).
- Ford, J. D., Berrang-Ford, L., Lesnikowski, A., Barrera, M. & Heymann, S. J. How to track adaptation to climate change: a typology of approaches for national-level application. *Ecol. Soc.* 18, 40 (2013).

- Ford, J.D, Berrang-Ford, L., Biesbroek, R., *et al.* Tracking global climate change adaptation among governments. *Nat. Clim. Chang.* 9, 440–449 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0490-0>
- Füssel HM (2012) Vulnerability to climate change and poverty. In: Edenhofer O, 689 Wallacher J, Lotze-Campen H, Reder M, Knopf B, Müller J (eds), *Climate Change, 690 Justice and Sustainability*. Springer, Dordrecht.
- Fletcher JA. 658 – Ice Tea City. In: PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture; 2008
- Gabriela Katharina M.A., Endlicher Wilfried R., Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany, *Environmental Pollution* Volume 159, Issues 8–9, August–September 2011, Pages 2044-2050, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.016>
- Gagnon-Lebrun, F., and S. Agrawala. 2007. Implementing adaptation in developed countries: an analysis of progress and trends. *Climate policy* 7:392- 408.
- Green Climate Fund, 2013: Business Model Framework: Objectives, Results and Performance Indicators. GCF/B.04/03, Green Climate Fund, Meeting of the Board, 26-28 June 2013, Songdo, Republic of Korea, 27 pp
- Gartland, L., 2008. *Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*, Earthscan Publications, pp. 57–83. ISBN:1844072509
- Granberg Mikael, Glover Leight, *Adapting Australian cities to climate change: Is there a growing risk of maladaptation?* (2011) University of Orebro, Orebro, Sweden, University of Melbourne, Melbourne, Australia pp.12
- Grothmann, T. and A. Patt, 2005: Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 15, 199-213
- Haberl, J., Cho, S., 2004. Literature Review of Uncertainty of Analysis Methods (Cool Roofs), Report to the Texas Commission on Environmental Quality, Energy Systems Laboratory, Texas A&M University, College Station, TX.
- Heikkilä Tarja, *Tilastollinen tutkimus*, 9.uud.p. Edita Publishing Oy, Helsinki, 2014.
- Heymann J, McNeill K (2013) *Children’s chances: how countries can move from surviving to thriving*. Harvard University Press, Cambridge
- Hinkel J (2011) “Indicators of vulnerability and adaptive capacity”: towards a clarification of the science-policy interface. *Glob Environ Chang-Human Policy Dimens* 21:198–208. doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002
- Hoyois P, Below R, Scheuren J-M, Guha-Sapir D. Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006. (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), School of Public Health, Catholic University of Louvain Brussels, Belgium, Brussels, 2007)
- Hupe P, Hill, M., Nangia M (2014) Studying implementation beyond deficit analysis: the top-down view reconsidered. *Public Policy Adm ICSU-LAC*, 2010b: Entendimiento y gestión Del riesgo asociado a las amenazas naturales: Un enfoque científico integral para América Latina y el Caribe. Ciencia para una vida mejor: Desarrollando programas científicos regionales en áreas prioritarias para América Latina y el Caribe. Vol 2 [Cardona, O.D., J.C. Berton, A. Gibbs, M. Hermelin, and A. Lavell (Eds.)]. ICSU Regional Office for Latin America and the Caribbean, Rio de Janeiro, Brazil
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, ja K.S. White) Cambridge University Press, Cambridge ja New York,s.1032
- IPCC, 2007, Parry M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., 2007, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S.6 Cambridge University Press, Cambridge, UK, 982pp
- IPCC, 2012: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. 582 pp

- IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32, 1132, 117-130
- Juhola, S., Glaas, E., Linnér, B., Neset, T. S., (2016), Redefining maladaptation, *Environmental Science and Policy*, 55(1), 135-140. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.014>
- Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger, and A. Bonn. 2016. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action, s.2. *Ecology and Society* 21(2):39. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>
- Kasperson, R.E., O. Renn, P. Slovic, H.S. Brown, J. Emel, R. Goble, J.X. Kasperson, and S. Ratick, 1988: The social amplification of risk: a conceptual framework. *Risk Analysis*, 8(2), 177-187
- Kates, R.W., W.R. Travis, and T.J. Wilbanks, 2012: Transformational adaptation when incremental adaptation climate change insufficient. *Proceedings National Academy Sciences of the United States of America*, 109(19), 7156-7161.
- Ketola Antti, Kleemola Mari, Kuula-Luumi Arja, Alaterä Tuomas J., Päivärinta Jarkko, Hautamäki Jani, Haverinen Sanni ja Sivonen Jouni, Aineistonhallinnan käsikirja, 2017 [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto [Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto].
- Kleerekoper Laura, Marjolein van Escha, Tadeo Baldiri Salcedo (2011), How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect
- Klein RJT (2009) Identifying countries that are particularly vulnerable to the adverse effects of climate change: an academic or political challenge? *Carbon Clim Law Rev* 3:284–291
- Klein RJT, Moehner A (2011) The Political dimension of vulnerability: implications for the green climate fund. *Ids Bull-Inst Dev Stud* 42. doi: 10.1111/j.1759-5436.2011.00218.x
- Knights D, Vurdubakis T. 1993. Calculations of risk: towards an understanding of insurance as a moral and political technology. *Accounting, Organizations and Society* 18(7/8): 729–764
- Knill C, Schulze K, Tosun J (2012) Regulatory policy outputs and impacts: exploring a complex relationship. *Regul Governance* 6:427–444.
- Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., and Tóth, E. (2007). Water for the Recovery of the Climate – A New Water Paradigm. Municipality of Tory
- Lavell A. and E. Franco (eds.), 1996: *Estado, Sociedad y Gestión de los Desastres en América Latina*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, La RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá, Colombia.
- Lavell, A., 1999: Environmental degradation, risks and urban disasters. Issues and concepts: Towards the definition of a research agenda. In: *Cities at Risk: Environmental Degradation, Urban Risks and Disasters in Latin America* [Fernandez, M.A. (Eds.)]. A/H Editorial, La RED, US AID, Quito, Ecuador, pp. 19-58.
- Lesnikowski AC, Ford JD, Berrang-Ford L, Barrera M, Berry P, Henderson J, Heymann SJ (2013) National-level factors affecting planned, public adaptation to health impacts of climate change. *Glob Environ Chang-Human Policy Dimens* 23:1153–1163.
- Levinson, R., Akbari, H., Konopacki, S., Bretz, S., 2005 Inclusion of cool roofs in non residential Title 24 prescriptive requirements. *Energy Policy* 33 (2), 151–170.
- Li, D.; Bou-Zeid, E. Synergistic Interactions between Urban Heat Islands and Heat Waves: The Impact in Cities Is Larger than the Sum of Its Parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2013, 52, 2051–2064.

- Mansilla, E. (ed.), 1996: Desastres: modelo para armar. La RED, Lima, Peru.
- Maskrey, A. (Comp.), 1993: Los Desastres No son Naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, LA RED, Tercer Mundo Editores, La RED, Bogotá, Colombia.
- Maskrey, A., 1989: Disaster Mitigation: A Community Based Approach. Oxfam, Oxford, UK.
- Massey E, Biesbroek R, Huitema D, Jordan A (2014) Climate policy innovation: the adoption and diffusion of adaptation policies across Europe. *Glob Environ Chang*
- McGregor G R, Pelling M, Wolf T and Gosling S, 2007, Social impacts of heat-waves Science Report SC020061/SR6 UK Environment Agency
- McPherson E. Cooling urban heatislands with sustainable landscapes. The ecological city: Preserving and restoring urban biodiversity 1994:161–71.
- Mitchell, Bruce Coffyn, "A Landscape of thermal inequity: Social vulnerability to urban heat in U.S. cities" (2017). Graduate Thesis and Dissertations.
- Morrow, B.H., 1999: Identifying and mapping community vulnerability. *Disasters*, 23(1), 1-18.
- Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar (2014) Adaptation needs and options. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833-868.
- Norton Briony A., Coutts Andrew M., Livesleya Stephen J., Harris Richard J., Hunter Annie M., Williams Nicholas S.G., Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes, 2014, *Landscape and Urban Planning* 134 (2015) pp. 127-138
- NPCC1, Climate Change Adaptation in New York City, Edited by New York City Panel on Climate Change, 2010 Report
- NPCC2, New York City Panel on Climate Change 2015 Report Chapter 6: Indicators and Monitoring
- NPCC2, New York City Panel on Climate Change 2015 Report, Executive Summary, Sci. ISSN 0077-8923
- NPCC3, New York City Panel on Climate Change 2019 Report Chapter 8: Indicators and Monitoring, Reginald Blake, Klaus Jacob, Gary Yohe, Rae Zimmerman, Danielle Manley, William Solecki, and Cynthia Rosenzweig, ISSN 0077-8923
- O'Malley Christopher, Poorang Piroozfarb, Eric R.P. Farrc, Francesco Pompo (2015) Urban Heat Island (UHI) mitigating strategies: A case-based comparative analysis climate change, *Climate Research*, 10: 85—95.
- Oke, T. R. Urban Climates and Global Environmental Change. *Applied Climatology: Principles & Practices*; Routledge: New York, NY, 1997; pp. 273–287.
- Oppenheimer M, Campos M, Warren R, Birkmann J, Luber G, O'Neil B, Takahashi K, Berkhout F, Dube P, Foden W, Greiving S, Hsiang S, Johnston M, Keller K, Kleypas J, Kopp R, Licker R, Peres C, Price J, Robock A, Schlenker W, Stepp JR, Tol R, van Vurren D (2014) Emergent Risks and Key Vulnerabilities. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ et al. (eds) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge UK, and New York, USA
- Park, S.E., N.A. Marshall, E. Jakku, A.M. Dowd, S.M. Howden, E. Mendham, and A. Fleming, 2012: Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22(1), pp.115- 126

- Pelling, M., 1997: What determines vulnerability to floods: a case study in Georgetown, Guyana. *Environment and Urbanization*, 9, pp.203-226
- Pelling, M., 2003: *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*. Earthscan Publications, London, UK
- Pelling, M., 2010: *Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation*. Routledge, Abingdon, UK and New York, NY, USA, pp.224
- Pelling, M., O'Brien, K., & Matyas, D. (2015). Adaptation and transformation. *CLIMATIC CHANGE*, 133(1), 113-127. 10.1007/s10584-014-1303-0
- Preston, B.L., R. Westway, S.Dessai, and T. Smith. 2009. Are we adapting to climate change? Research and methods for evaluating progress. Paper presented at An Eye on Policy – AMS Annual Meeting and Fourth Symposium on Policy and Socio-Economic Research, January 2009, Phoenix Arizona. American Meteorological Society, Washington, DC, USA
- Renaud, F.G., 2006: Environmental components of vulnerability. In: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient societies* [Birkmann, J. (Eds.)]. United Nations University Press, Tokyo, Japan, pp. 117-127
- Revi, A.,D.E. Satterthwaite, F.Aragon-Durand, J. Corfee-Morlot, R.B.R. Kiunsi, M. Pelling, D.C. Roberts, and W. Solecki, 2014: Urban areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Field, C.B., V.R. Barros, G.J Dokken, K.J Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B.Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.
- Ribot, J., 1995: The causal structure of vulnerability and its application to climate impact analysis. *GeoJournal*, 35(2), 119-122.
- Ribot, J.C., 1996: Introduction: Climate variability, climate change and vulnerability: Moving forward by looking back. In: *Climate Variability: Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-Arid Tropics* [Ribot, J.C., A.R. Magalhaes, and S.S. Panagides (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Robitu M, Musy M, Inard C, Groleau D. 2004. Energy balance study of water ponds and its influence on building energy consumption. *Building Service Engineering Research Technology* 2004;25(3):171–82.
- Romero-Lankao P, Qin H, Dickinson K (2012) Vulnerability to temperature-related hazards: a meta-analysis and metaknowledge approach. *Glob Environ Change* 22(3):670–683
- Rosenström Ulla ja Palosaari Marika, Kestävyyden mitta, Suomen kestävän kehityksen indikaattorit 2000, s.7-8 Ympäristöministeriö (5.9.2019).
- Rosenzweig, C. et al. 2010. Climate change adaptation in New York City: building a risk management response. The New York City Panel on Climate Change 2010 Report. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1196: 1–354
- Rosenzweig, C., W. D. Solecki, and R. Slosberg. 2006. Mitigation New York City's Heat Island with Urban Forestry, Living Roofs and Light Surfaces. New York State Energy Research and Development Authority. 23
- Saaranen-Kauppinen Anita & Puusniekka Anna. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietovarasto [ylläpitäjä ja tuottaja]. <<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>>. (2.5.2020)
- Santamouris, M., Synnefa, A., Kolokotsa, D., Dimitriou, V., Apostolakis, K., 2008. Passive Cooling of the built environment – use of innovative reflective materials to fight heat island and decrease cooling needs. *International Journal Low Carbon Technologies* 3 (2), 71–82.
- Santamouris M, Synnefa A, Karlessi T (2011) Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions, *Solar Energy*, Volume 85, Issue 12, December 2011, Pages 3085-3102, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.12.023>

- Santamouris M, Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, 2012, *Solar Energy* 103 (2014) 682–703
- Scheraga, J.D. and Grambsch, A.E. (1998) Risk, opportunities, and adaptation to climate change. Vol. 10: 85–95, 1998, *Climate research Clim Res*.
- Schmidt M. The contribution of rainwater harvesting against global warming. London, UK: Technische Universität Berlin, IWA Publishing; 2006.
- Shashua-Bar L., Hoffman M.E, Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees, *Energy and Buildings* Volume 31, Issue 3, April 2000, Pages 221-235, [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00018-3)
- Smit B, Burton I, Klein RTJ, Street R (1999) The science of adaptation: a framework for assessment. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang* 4:199–213
- Smithers J, Smit B (1997) Human adaptation to climatic variability and change. *Glob Environ Chang* 7:129–146
- Sovacool BK, D’Agostino AL, Meenawat H, Rawlani A (2012) Expert views of climate change adaptation in least developed Asia. *J Environ Manag* 97:78–88.
- Song, Y. L., & Zhang, S. Y. (2003). The study on heat island effect in Beijing during last 40 years. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 11(4), 126–129.
- Surminski, S. Private sector adaptation to climate risk. *Nat. Clim. Change* 3, 943–945 (2013).
- Taha Haider, Akbari Hashem, Arthur Rosenfeld, Joe Haung, Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo, *Building and Environment* Volume 23, Issue 4, 1988, Pages 271-283, [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(88\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0360-1323(88)90033-9)
- THL, Ympäristöterveys ja helle, Terveysten ja hyvinvoinnin laitos, <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmasto-ja-saa/helle> (Viitattu 16.4.2020)
- Upmanis Hillevi, Eliasson Ingegård, Lindqvist Sven, The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden), [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199805\)18:6<681::AID-JOC289>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199805)18:6<681::AID-JOC289>3.0.CO;2-L)
- Vehkalahti Kimmo, Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät, 2014, s.11, DOI: 10.31885/9789515149817
- Villaneuva, P. S. 2011. Learning to ADAPT: monitoring and evaluation approaches in climate change adaptation and disaster risk reduction— challenges, gaps and ways forward. SCR Discussion Paper 9. Strengthening Climate Resilience Discussion Series. Institute of Development Studies, Brighton, Sussex, UK
- Yukihiro K, Yutaka G, Hiroaki K, Keisuke H. Impacts of city-block-scale countermeasures against urban heat-island phenomena upon a building’s energy-consumption for air-conditioning. *Applied Energy* 2006;83:649–68, Elsevier.
- Watts, M.J. and H.G. Bohle, 1993: The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography*, 17(1), s.43-67
- Wilhelmi OV, Hayden MH (2010) Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. *Environ Res Lett* 5(1):14–21
- Williams, S.E, L.P. Shoo, J.L. Isaac, A.A. Hoffmann, and G. Langham, 2008: Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biology*, 6(12), e325, doi: 10.1371/journal.pbio.0060325
- Wisner, B., 2003: Disaster risk reduction in megacities – Making the most of human and social capital. In: *Building Safer Cities- The Future of Disaster Risk* [Kreimer, A., M. Arnold, and C. Carlin (Eds.)]. Disaster Management Facility, World Bank, Washington, DC, pp. 181-196.
- Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*, 125, 234–244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.01>

Wong Nyuk H. Thermal performance of facade materials and design and the impacts on indoor and outdoor environment. Singapore: National Environment Agency; 2007

8. Liitteet

Liite 1.

Lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattorit

Olen Julia Tuomimaa Helsingin yliopistolta. Pyytäisin sinua ystävällisesti vastaamaan kyselyyn lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattoreista. Kysely on osa pro gradu -tutkielmaani, jossa selvitän kaupunkien lämpösaarekeilmiöön sopeutumisen indikaattoreita ja sopeutumisen mahdollisuuksia Helsingissä. Kyselyn tarkoituksena on validoida indikaattoreita ja kerätä informaatiota muun muassa mahdollisista esteistä indikaattoreiden toteuttamiseksi. Kysely on lähetetty valituille Helsingin kaupungin työntekijöille.

Lämpösaarekkeeksi (urban heat island) kutsutaan ilmiötä, jossa kaupungin keskustassa on korkeampi lämpötila kuin ympäröivillä alueilla. Lämpösaareke syntyy rakennusten, liikenteen ja teollisuuden tuottamasta hukkalämmöstä sekä kaupungin rakenteisiin varastoituneen auringonsäteilyn vapautumisesta lämpönä. (Ilmasto-opas.fi)

Kysely koostuu 17 kysymyksestä. Jokaisessa kysymyksessä vastaat asteikolla 1-5, kuinka hyödyllinen indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta. Kysymykset on jaettu kuuteen osioon indikaattoreiden teemojen mukaan. Jokaisen kysymyksen yhteydessä on avoin kysymys, johon voit vastata, kuinka tarkentaisit tai kehittäisit indikaattoria. Vastaamiseen menee noin 10-15 minuuttia, riippuen vastaustesi laajuudesta.

Vastaathan jokaiseen kysymykseen.

Kiitos, että osallistut indikaattoreiden kehittämiseen!

***Pakollinen**

1. Millä toimialalla toimit?

Sosiaalinen haavoittuvuus

Sosiaalinen haavoittuvuus ilmastoilmiölle, kuten tulville ja helteille, on herkkyyden, voimistuneen altistumisen ja sopeutumiskyvyn yhdistelmä. Herkkyys viittaa henkilökohtaisiin ominaisuuksiin kuten ikään ja terveyteen. Sopeutumiskyky kuvaa ihmisten kykyä varautua ennalta, selvitä vaaratilanteen aikana ja korjata vahingot ja palautua tilanteesta kuten tulvasta tai helleaallost. Sopeutumiskyky määrittyy pitkälti ihmisen sosiaalisen ja taloudellisen tilanteen perusteella. Voimistunut altistuminen kuvaa fyysisen ympäristön ominaisuuksia, kuten esimerkiksi asumismuotoa ja vettä läpäisevien pintojen osuutta ja viheralueiden määrää ja laatua asuinympäristössä. (HSY, 2016)

Indikaattori 1. Kotihoitoa tarvitsevien määrä riskialueella.

2. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

3. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 2. Asukkaiden määrä, joilla on terveysvakuutus.

4. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

5. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 3. Sosiaalisen haavoittuvuuden alueellinen jakautuminen.

6. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

7. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Infrastrukturi

Indikaattori 4. Viileiden pintojen määrä kaupunginosassa.

Viileät pinnat ovat hyvin heijastuvia materiaaleja. Kustannustehokkaita, ympäristöystävällisiä ja passiivista tehokasta tekniikkaa, jotka edistävät rakennusten energiatehokkuuden saavuttamista vähentämällä jäähdytyksen tarvetta ja parantamalla kaupunkien mikroilmastoa alentamalla pinnan ja ilman lämpötilaa. (Santamouris, 2011)

8. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

9. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 5. Asuntojen/toimitilojen määrä, joilla ei ole viilennyslaitetta.

10. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

11. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 6. Asuntojen/toimitilojen määrä, joilla on kaukojäähdytys/mahdollisuus siihen.

12. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

13. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Sinivihreä
infrastruktuuri

Sinivihreä infrastruktuuri sisältää sekä luonnontilaiset alueet, kuten metsät ja purot että rakennetut viheralueet, kuten puistot, viherkatot ja hulevesirakenteet. (Ilmastotyökalut.fi)

Indikaattori 7. Viherkattojen määrä kaupunginosassa.

14. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

15. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 8. Viheralueiden määrä kaupunginosassa.

16. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

17. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 9. Viherseinien määrä kaupunginosassa.

18. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

19. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 10. Vesialueiden määrä kaupunginosassa.

20. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

21. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 11. Puiden määrä kaupunginosassa.

22. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

23. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Ympäristön tila

Indikaattori 12. Typenoksidipitoisuus kaupunginosassa.

24. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

25. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 13. Lämpötilaerot kaupunginosien välillä.

26. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

27. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 14. Ilmankosteus ja lämpötila kaupunginosissa.

28. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

29. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Indikaattori 15. Rakennusten kattojen lämpötila.

30. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

31. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Politiikkatoimet

Indikaattori 16. Kaupungin rahallinen panos asiaan X.

32. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

33. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Viestintä

Indikaattori 17. Varhaisvaroitussjärjestelmien määrä.

34. Kuinka hyödyllinen tämä indikaattori mielestäsi on ilmiön kannalta? *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Hyödytön
- ☐ Hieman hyödyllinen
- ☐ Hyödyllinen
- ☐ Todella hyödyllinen
- ☐ En osaa sanoa

35. Kuinka ylläolevaa indikaattoria voisi mielestäsi kehittää tai tarkentaa?

Avoin kysymys

36. Onko sinulla muuta sanottavaa helleaaltoihin ja lämpösaarekeilmiöön sopeutumisesta? Voit myös ehdottaa kokonaan uusia indikaattoreita.

Kiitos vastauksista!

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

Google Forms